

Tobias Siekemeyer

Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland

Auswirkungen und Deponiekapazitäten



BM-0	BM-0*	BM-F0*	BM-F1	BM-F2	BM-F3
geringster Anteil an Schadstoffen	bis 10 % Fremdbestandteile				bis 50 % Fremdbestandteile



Tobias Siekemeyer

Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland

Auswirkungen und Deponiekapazitäten

Dieses Werk ist einschließlich aller seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie die Speicherung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen und Handelsnamen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass solche Bezeichnungen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und deshalb von jedermann benutzt werden dürften.

Soweit in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z.B. DIN, VDI) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden ist, kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen.

© by Fraunhofer IRB Verlag 2025

Druck: Libri Plureos GmbH, Hamburg

ISBN (Print): 978-3-7388-0997-8

ISBN (E-Book): 978-3-7388-0998-5

DOI: 10.60628/9783738809985

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB | Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00

Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Autor:

Tobias Siekemeyer M.Eng.

Mitwirkende:

Prof. Dr.-Ing. Steffen Leppla

Prof. Dr.-Ing. Achim Hitzel

Dr.-Ing. Dirk Hormann

Dipl.-Ing. Bert Siekemeyer

Vorwort

Die vorliegende wissenschaftliche Studienarbeit zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Engineering (M.Eng.) – Baumanagement“ entstand während meines dritten Fachsemesters an der Hochschule für angewandtes Management, Fakultät für Betriebswirtschaft in Nürnberg.

Das Thema, Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland, entspringt persönlichen Interessen und einer engen Verbundenheit zu dieser Thematik. Die Erkenntnisse, die sich während der Analyse der Entsorgungssituation im Rahmen meiner Bachelorarbeit für das Bundesland Hessen herauskristallisierten, zeigten, dass die Problematik nicht allein auf bauwirtschaftlicher Ebene von hohem Interesse ist, sondern auch auf politischer und gesellschaftlicher Ebene als bedeutend erachtet wird. Die damals gewonnenen Ergebnisse führten mich durch verschiedene Stationen innerhalb Hessens und darüber hinaus in einige Regionen der Bundesrepublik. Die geführten Gespräche mit Vertretern der Bauwirtschaft aus ganz Deutschland legten nahe, dass die Knappheit an verfügbarem Deponieraum nicht allein in Hessen, sondern im gesamten Bundesgebiet verortet werden kann und dass das Entsorgungsmanagement zur maßgeblichen Herausforderung im nachhaltigen Bauen wird. Daher reifte die Idee, die Aussagen der Fachleute einer wissenschaftlichen Prüfung zu unterziehen. Die Masterarbeit bietet dafür den idealen Rahmen, um eine valide und aussagekräftige Analyse im Bereich der Entsorgung ungefährlicher Bau- und Abbruchabfälle durchzuführen. Zugleich wurde immer deutlicher, dass das Thema von vielen als nebensächlich betrachtet wird und nicht die gebührende öffentliche Aufmerksamkeit erhält.

In dieser Masterarbeit habe ich mir das explizite Ziel gesetzt, die Perspektive der Forschung von einer regionalen auf eine nationale Ebene zu erweitern, insbesondere vor dem Hintergrund der Erkenntnisse, die sich aus meiner vorangegangenen Bachelorarbeit an der Frankfurt University of Applied Sciences ergeben haben. Dabei steht im Fokus, die Herausforderungen und Lösungsmöglichkeiten im Bereich der Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub in Deutschland in einem umfassenderen Kontext zu beleuchten und wissenschaftliche Erkenntnisse auf nationaler Ebene zu generieren.

Die Erweiterung der Forschungsperspektive von einer regionalen auf eine nationale Ebene ermöglicht es, die Vielschichtigkeit und Komplexität der Problematik eingehend zu erfassen. Gleichzeitig bietet dies die Chance, die Diskussion über eine nachhaltige und effiziente Bauschutt- und Erdaushubentsorgung auf Bundesebene voranzutreiben.

Denjenigen, die mich auf diesem Weg begleitet und unterstützt haben, sei an dieser Stelle mein Dank ausgesprochen. Es ist mein Wunsch, dass die vorliegende Masterarbeit nicht nur informativen Gehalt bietet, sondern auch das Interesse an der Thematik weckt. Ich hoffe, dass die Forschungsergebnisse einen Beitrag zum Verständnis der behandelten Thematik leisten und Anregungen für weiterführende Diskurse und Untersuchungen bieten.

Tobias Siekemeyer, 21. November 2024

Abstract

Das Bauwesen gehört zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftszweigen. Der Bau und der Betrieb von Gebäuden verursacht weltweit jährlich 17 % des Wasserverbrauchs, 25 % des Holzverbrauchs, 30-40 % des Energieverbrauchs und 40-50 % des Rohstoffverbrauchs. Dabei werden 33 % der CO₂-Emissionen verursacht. Den Angaben des Umweltministeriums sowie dem statistischen Bundesamt zufolge, erzeugen Bau- und Abbruchabfälle den größten Abfallstrom in Deutschland. Bei einem Gesamt-abbfallaufkommen von 411,5 Millionen Tonnen bilden Bau- und Abbruchabfälle mit 222,0 Millionen Tonnen im Jahr 2019 etwa 54 % der Gesamtmenge.

Im Kontext der Entsorgung dieser Abfallmenge reklamiert die Bauwirtschaft seit mehreren Jahren zunehmende Schwierigkeiten bei der Beseitigung von Bauschutt und Erdaushub. Der Mangel an Entsorgungsmöglichkeiten kündigt sich bereits über mehrere Jahre an und wird in einigen Regionen Deutschlands zunehmend zum Problem. Demgegenüber stehen jedoch die Aussagen und Forderungen der Gesetzgebung, die die Schaffung neuer, regionaler Entsorgungsstätten als Widerspruch zum Kreislaufwirtschaftsgesetz sehen. Gesetzlicherseits wird die Förderung eines kreislaufgerechten Umgangs mit Bauabfällen nach der fünfstufigen Abfallhierarchie gefordert.

Baustoffe respektive Bauabfälle werden gegenwärtig jedoch nur in geringem Umfang in Kreisläufen geführt. Dieser Sachverhalt sowie die nicht ausreichende Wiederverwendung respektive nicht ausreichende regionale Deponiekapazitäten führen zu steigenden Transportentfernungen, wachsenden Kosten und einer erheblichen Umweltbelastung.

Aufbauend auf den bisherigen Forschungsanalysen für das Bundesland Hessen stellt sich zunehmend die Frage, ob die Knappheit an Deponiekapazitäten auch in anderen Bundesländern Deutschlands besteht?

Handelt es sich um ein lokales Problem oder droht der Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub auch in anderen Regionen Deutschlands?

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XI
Abkürzungsverzeichnis	XII
1 Einleitung.....	1
1.1 Erläuterung der Problem- und Aufgabenstellung	1
1.2 Vorgehensweise, Zielsetzung und Methodik	5
1.2.1 Methodik und Forschungsdesign	7
1.3 Grundlegende Begriffe	9
2 Nachhaltigkeit im Bauwesen	15
2.1 Der Begriff Nachhaltigkeit.....	15
2.2 Geschichte der Nachhaltigkeit.....	16
2.3 Die drei Säulen der Nachhaltigkeit.....	21
2.4 Nachhaltiges Bauen.....	24
2.5 Gesetze und Verordnungen	27
2.5.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz.....	28
2.5.2 Ersatzbaustoffverordnung.....	32
2.5.3 Deponieverordnung	43
3 Entsorgungsproblem mineralischer Bauabfälle	46
3.1 Datenlage, Informationsquellen und Vorgehensweise	46
3.2 Analyse der Entsorgungssicherheit der bauwirtschaftlich stärksten Bundesländer ...	55
3.2.1 Bayern	55
3.2.2 Nordrhein-Westfalen	68
3.2.3 Baden-Württemberg	78
3.2.4 Niedersachsen	90
3.2.5 Sachsen.....	103
4 Entsorgung und Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft	118
4.1 Ökologische Nachhaltigkeit.....	118
4.2 Ökonomische Nachhaltigkeit	130
4.2.1 Entsorgung als Preistreiber auf Baustellen	131
4.2.2 Analyse der Preisindizes für die Bauwirtschaft	134
4.2.3 Vergleich der aktuellen Entsorgungskosten.....	137
4.3 Soziale Nachhaltigkeit	141

5	Zusammenfassung und Ausblick	145
5.1	<i>Droht der Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland?</i>	<i>145</i>
5.2	<i>Schlusswort.....</i>	<i>150</i>
5.3	<i>Ausblick</i>	<i>150</i>
6	Literaturverzeichnis	152

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Abfallaufkommen in 2021 [in %] (Redaktion Statistisches Bundesamt , 2023).....	2
Abbildung 2	Historie der Nachhaltigkeit im Vergleich zur Entwicklung des deutschen Abfallrechtes [Eigene Darstellung, 14.03.2024]	20
Abbildung 3	Das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit [Eigene Darstellung, 14.03.2024].....	21
Abbildung 4	Rechtliche Rahmenbedingungen bei der Entsorgung [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Braun, 2019), 17.03.2024]... 27	
Abbildung 5	Abfallhierarchie gemäß § 6 Absatz 1 KrWG (Hammerl, 2023)	31
Abbildung 6	Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut [Eigene Darstellung, in Anlehnung an Anlage 1 Tabelle 3 ErsatzbaustoffV, 04.04.2024].....	36
Abbildung 7	Materialklassen für Bodenmaterial BM [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Dihlmann & Susset, 2022), S. 87, Tabelle 3.1 & Anlage 1 Tabelle 3 ErsatzbaustoffV, 04.04.2024]	37
Abbildung 8	Vergleich der Sulfatkonzentrationen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an Anlage 1 Tabelle 3 ErsatzbaustoffV, 15.04.2024].....	38
Abbildung 9	Anwendungsbeispiel Einbauweise 4 - BM-0* [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Dihlmann & Susset, 2022), S. 134 & Anlage 2 Tabelle 5 ErsatzbaustoffV, 04.04.2024].....	40
Abbildung 10	Aufbau einer Deponie nach Deponieverordnung [Eigene Darstellung, in Anlehnung an Anhang 1 Tabelle 1 DepV, 15.04.2024].....	44
Abbildung 11	Abgrenzung des Untersuchungsrahmens nach Abfallart [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 7, 17.04.2024].....	48
Abbildung 12	Darstellung der untersuchungsrelevanten Entsorgungsanlagen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an § 3 Absatz 22, 23 & 26 KrWG, 18.04.2024].....	52

Abbildung 13	Auswahl der fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländer [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Kraus & Weitz, 2021), 19.04.2024]	53
Abbildung 14	Vorgehen bei der Analyse der Entsorgungssicherheit	
	[Eigene Darstellung, 20.04.2024].....	54
Abbildung 15	Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018	
	[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), 21.04.2024]	57
Abbildung 16	Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), 21.04.2024]	58
Abbildung 17	Abfallaufkommen und Deponievolumen in Bayern	
	[Eigene Darstellung, 27.04.2024].....	60
Abbildung 18	Langzeitsimulation Bayern	
	[Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 28.04.2024]	63
Abbildung 19	Prognostizierte Entwicklung von Restvolumen und Deponiebedarf für DK0 in Bayern ((Becker, et al., 2018), S. 73, Abbildung 33).....	66
Abbildung 20	Abfallaufkommen und Deponievolumen in NRW	
	[Eigene Darstellung, 04.05.2024].....	74
Abbildung 21	Langzeitsimulation NRW	
	[Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 05.05.2024]	76
Abbildung 22	Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018	
	[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Pfeifer, 2021), 09.05.2024]..	80
Abbildung 23	Deponiestandorte DK1 in Baden-Württemberg	
	[(Pfeifer, 2021), S. 6, Abbildung 2].....	81
Abbildung 24	Abfallaufkommen und Deponievolumen in BW	
	[Eigene Darstellung, 09.05.2024].....	83
Abbildung 25	Langzeitsimulation BW	
	[Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 09.05.2024]	85
Abbildung 26	Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018	
	[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), 16.05.2024]	92

Abbildung 27	Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), 15.05.2024] 93
Abbildung 28	Öffentlich zugängliche Deponien in Niedersachsen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Runge, 2019), Abbildung 10, 16.05.2024] 95
Abbildung 29	Abfallaufkommen und Deponievolumen in Niedersachsen [Eigene Darstellung, 16.05.24] 97
Abbildung 30	Langzeitsimulation Niedersachsen [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 16.05.24] 99
Abbildung 31	Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), 23.05.2024] 105
Abbildung 32	Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), 23.05.2024] 106
Abbildung 33	Deponiestandorte im Bundesland Sachsen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Schütz & Becker, 2020), S. 29, Abbildung 1, 24.05.2024] 108
Abbildung 34	Abfallaufkommen und Deponievolumen in Sachsen [Eigene Darstellung, 24.05.24] 110
Abbildung 35	Langzeitsimulation Sachsen [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 24.05.24] 113
Abbildung 36	Beispielrechnung „Mittlere Transportentfernung“ [Eigene Darstellung, 01.05.2024] 120
Abbildung 37	Treibhausgasemissionen der deutschen Industrie nach Branchen im Jahr 2022 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Statista, 2023), 02.05.2024] 128
Abbildung 38	Beispielrechnung Entsorgungskosten für Bodenaushub [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Klein, 2021), S. 3, 10.05.2024] 132
Abbildung 39	Auszug der Preisindizes für Bauarbeiten [(Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), S. 12, Tabelle 1.1, 09.05.2024] 134

Abbildung 40	Entwicklung der Preisindizes für Erdarbeiten seit 2005	
	[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), 10.05.2024].....	136
Abbildung 41	Warteschlangen in hessischen Entsorgungsstätten	
	(Würtemberger, 2024).....	143

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Bewertungsrelevante Abfallarten	
	[in Anlehnung an (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 8].....	49
Tabelle 2	An Deponien der Klasse DK0 und DK1 angelieferte Abfallmenge in 2020 [in Anlehnung an (Reppold & Trapp, 2023), S. 39 ff.]	70
Tabelle 3	Anzahl und Restvolumen der DK0 Deponien in Nordrhein-Westfalen (Stand: Juli 2022), ((Reppold & Trapp, 2023), S. 7, Tabelle 2.).....	72
Tabelle 4	Anzahl und Restvolumen der DK1 Deponien in Nordrhein-Westfalen (Stand: Juli 2022), ((Reppold & Trapp, 2023), S. 12, Tabelle 4.).....	73
Tabelle 5	Vergleich Berechnungsergebnisse	
	[in Anlehnung an (Pfeifer, 2021) und Abbildung 25]	88
Tabelle 6	Emissionsdaten im Güterverkehr – Bezugsjahr 2022	
	[(Redaktion Umweltbundesamt , 2024), Tabelle Vergleich der Emissionen]	119
Tabelle 7	Mittlere Transportentfernung [Eigene Berechnung, 01.03.2024] ...	121
Tabelle 8	Abtransportierte Abfallmenge zu Deponien	
	[Eigene Darstellung, 01.03.2024]	122
Tabelle 9	Abtransportierte Abfallmenge zur Verwertung	
	[Eigene Darstellung, 01.03.2024]	126
Tabelle 10	Preissteigerung in [%] seit 2005 gemessen anhand der Preisindizes [Eigene Tabelle, in Anlehnung an (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), 09.05.2024].....	135
Tabelle 11	Preise für die Anlieferung von Bau- und Abbruchabfällen in Deutschland [€/t] [Eigene Darstellung, 10.05.2024].....	138
Tabelle 12	Zusammenfassende Darstellung der Entsorgungssituation in Deutschland	
	[Eigene Tabelle, in Anlehnung an Kapitel 3-4, 20.03.2024].....	146

Abkürzungsverzeichnis

A

AbfG	<i>Abfallbeseitigungsgesetz</i>
AVV	<i>Abfallverzeichnis-Verordnung</i>

B

BayAbfG	<i>Bayerisches Abfallwirtschaftsgesetz</i>
BBodSchV	<i>Bundesbodenschutzverordnung</i>
BM	<i>Bodenmaterial</i>
BW	<i>Baden-Württemberg</i>

C

CO ₂	<i>Kohlenstoffdioxid</i>
CO ₂ e	<i>Kohlenstoffdioxid-Äquivalent</i>

D

DepV	<i>Deponieverordnung</i>
DK IV	<i>Deponieklasse IV</i>
DK0	<i>Deponieklasse 0</i>
DK1	<i>Deponieklasse 1</i>
DK2	<i>Deponieklasse 2</i>
DK3	<i>Deponieklasse 3</i>

E

engl.	<i>englisch</i>
EOX	<i>Extrahierbare organisch gebundene Halogene</i>

F

F	<i>Anteil mineralischer Fremdbestandteile bis 50 Vol.-%</i>
---------	---

K

KrW-/AbfG	<i>Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz</i>
KrWG	<i>Kreislaufwirtschaftsgesetz</i>

L

LAfG BW	<i>Landesabfallgesetz Baden-Württemberg</i>
LAGA M20	<i>Länderarbeitsgemeinschaft Mitteilung 20</i>
LANUV	<i>Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen</i>
LfULG	<i>Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie</i>

LSN *Landesamt für Statistik Niedersachsen*

M

MEB *Mineralischer Ersatzbaustoff*

O

OBA *sächsisches Oberbergamt*

P

PAK *Polyzyklisch aromatische Kohlenwasserstoffe*

PCB *Organische Chlorverbindungen*

R

RA *Rechtsanwalt*

T

TOC *Organischer Kohlenstoff*

U

UStatG *Umweltstatistikgesetz*

Z

z.B. *zum Beispiel*

1 Einleitung

1.1 Erläuterung der Problem- und Aufgabenstellung

„Die globale Situation ist kritisch. Eine gute Chance auf eine friedliche Zukunft in Wohlstand hat die Menschheit nur, wenn es gelingt, weiteren technischen Fortschritt mit Innovationen im Bereich globaler Regulierung zu verknüpfen. Dem Bausektor kommt dabei eine Schlüsselbedeutung zu.“ (Franz Josef Rademacher, 2011)¹

Im Kontext der Megatrends wie Globalisierung, technologischem Fortschritt, Urbanisierung, Bevölkerungswachstum, demografischer Wandel und Digitalisierung nimmt das Thema Nachhaltigkeit eine herausragende Position ein. Insbesondere das rapide Bevölkerungswachstum, das auf zehn Milliarden Menschen auf dem Planeten zusteuert, und die wirtschaftliche Aufholung bedeutender Schwellenländer wie China, Indien und Brasilien stellen die Weltbevölkerung vor immense Herausforderungen im Bereich Umwelt- und Ressourcenschutz. Im Zuge der aktuellen Globalisierungsprozesse rückt die Frage nach dem Zugriff auf endliche Ressourcen und der Verursachung von Umweltbelastungen in den Mittelpunkt des 21. Jahrhunderts. Es stellen sich vermehrt die Fragen, wer die Berechtigung hat und in welchem Umfang Ressourcen genutzt werden dürfen. Innovative Ideen von Ingenieuren, Naturwissenschaftlern und Unternehmen sind unabdingbar. Dies gilt besonders für den Bausektor, der im Vergleich zu anderen Sektoren erheblichen Einfluss auf den Ressourcen- und Energieverbrauch sowie auf die Klimabelastung ausübt. Gleichzeitig birgt der Bausektor jedoch auch ein beträchtliches Potenzial für Fortschritte in den Bereichen Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschonung.²

Werner Sobek betont, dass Hans Jonas mit der Formulierung des ökologischen Imperativ einen fundamentalen Rahmen für nachhaltiges Bauen skizziert: „Handle so, dass die Wirkung deiner Handlungen verträglich ist mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.“³ Diese Leitlinie fordert dazu auf, die Bedürfnisse der aktuellen Generation zu erfüllen, während gleichzeitig dafür Sorge getragen wird, dass kommende Generationen ein gesundes und lebenswertes Umfeld vorfinden. Folglich stellt sich jedoch die berechtigte Frage, inwiefern unser derzeitiges Bauverhalten tatsächlich nachhaltig ist.

Das Bauwesen zählt zweifelsohne zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftszweigen. Innerhalb der Bau-, Wohnungs- und Immobilienwirtschaft nimmt dieser Sektor eine herausragende Stellung als einer der bedeutendsten Volkswirtschaftssektoren

¹ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 11.

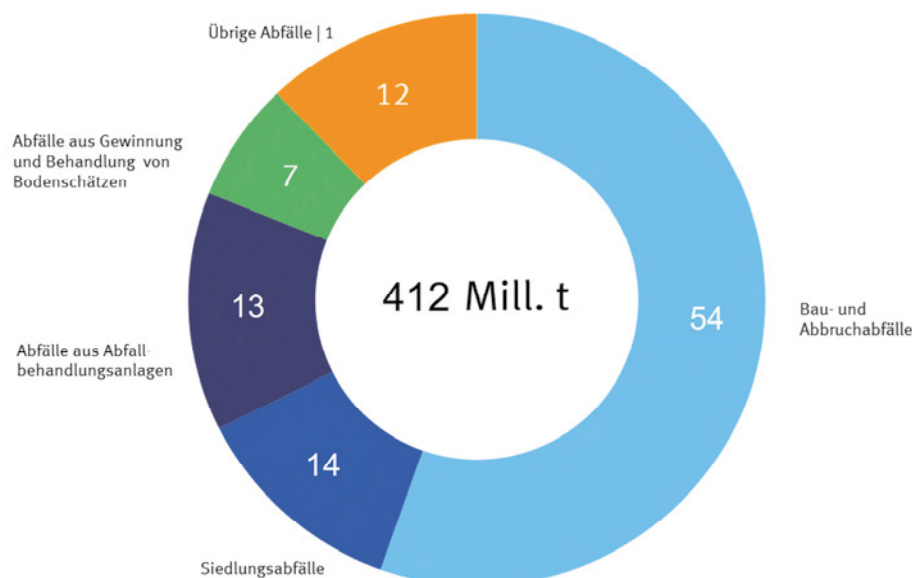
² Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 12 ff.

³ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 1.

Deutschlands ein, sowohl im Hinblick auf getätigte Investitionen als auch auf den Anteil an der Gesamtwertschöpfung. Dieser Sektor bedingt einen erheblichen Verbrauch an Primärenergie und Materialien, wobei etwa 40 Prozent der gesamten Primärenergie in Deutschland für den Betrieb von Gebäuden aufgewendet wird. Zudem beansprucht das Bauwesen etwa die Hälfte aller nicht nachwachsenden Rohstoffe und ist gleichzeitig für einen Großteil des Abfallaufkommens in Deutschland verantwortlich.⁴

Die Bauwirtschaft erlebte in den Jahren 2020 und 2021 sowie durch den Ausbruch des Krieges in der Ukraine erhebliche Beeinträchtigungen. Materialknappheit, Zinssteigerungen und starke Anstiege der Baumaterialpreise haben private und gewerbliche Investoren verunsichert und führen aktuell zu einem deutlichen Rückgang der Bautätigkeit.⁵ Im Jahr 2022 gab es einen realen Umsatzrückgang im Bauhauptgewerbe von 5,1 Prozent. Für das Jahr 2023 wird ein weiterer Rückgang um 6 Prozent erwartet.⁶

Der Rückgang der Bautätigkeit spiegelt sich auch in einem verringerten Abfallaufkommen wider. Laut Mitteilung des Statistischen Bundesamts anlässlich des Internationalen Tags der Umwelt am 5. Juni 2023 ist das Abfallaufkommen im Vergleich zum Jahr 2020 um 0,6 Prozent beziehungsweise 2,5 Millionen Tonnen gesunken. Die Gesamt-
abfallmenge der Bundesrepublik Deutschland beläuft sich somit im Jahr 2021 auf 411,5 Millionen Tonnen. Bau- und Abbruchabfälle bilden mit 222,0 Millionen Tonnen 53,9 Prozent des gesamten Abfallaufkommens. Trotz des deutlichen Rückgangs der Bauabfälle um 7,4 Millionen Tonnen im Vergleich zum Vorjahr 2020 stellen diese nach wie vor mehr als die Hälfte des Gesamtabfallstroms dar.⁷



1 Insbesondere aus Produktion und Gewerbe

Abbildung 1 Abfallaufkommen in 2021 [in %] (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023)

⁴ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 27.

⁵ Vgl. (Redaktion Hauptverband der Bauindustrie e.V., 2023), Bedeutung der Bauwirtschaft.

⁶ Vgl. (Redaktion Hauptverband der Bauindustrie e.V., 2023), Baukonjunkturelle Lage.

⁷ Vgl. (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), Pressemitteilung Nr. 213.

Angesichts der beträchtlichen Menge entsorgter Bau- und Abbruchabfälle lässt sich vermuten, dass das Nachhaltigkeitsprinzip von Hans Jonas in der deutschen Bautätigkeit bisher nur begrenzt Anwendung findet. Experten beklagen, dass trotz des immensen Abfallaufkommens die Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub als nebensächlich betrachtet wird. RA Jörn P. Makko, Hauptgeschäftsführer der Bauindustrie Niedersachsen-Bremen e.V., unterstreicht, dass überall dort, wo Bodenaushub und Bauschutt anfallen, ein Entsorgungsthema herrscht. Aktuell leiste sich unsere Gesellschaft an dieser Stelle, unter anderem durch ein unzureichendes Recycling, eine beunruhigende Form der Ressourcenverschwendung.⁸ Weiterhin erklärt RA Jörn P. Makko, dass die Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub einen signifikanten Einfluss auf zahlreiche Aspekte des bauwirtschaftlichen Handelns ausübt. Es sei eine Schlüsseldisziplin, die eine Verbindung zwischen den Bereichen Entsorgung, Kreislaufwirtschaft, Ressourcenschonung, Nachhaltigkeit, Baubetrieb und Deponiebau schafft.⁹

Im Kontext des Themas Entsorgung ungefährlicher Bauabfälle reklamiert die Bauwirtschaft seit mehreren Jahren die zunehmenden Schwierigkeiten bei der Entledigung von Bauschutt oder Erdaushub. Diese Schwierigkeiten spiegeln sich in wachsenden Transportentfernungen durch zu wenig Deponien, erheblichen Kostensteigerungen für Entsorgungsleistungen und einem vermehrten bürokratischen Aufwand wider. Bei genauerer Analyse der Entsorgungssituation wird deutlich, dass ein Konflikt zwischen den gesetzlichen Vorschriften und den praktischen beziehungsweise technischen Möglichkeiten besteht.¹⁰

Die anhaltende Reduzierung von Deponien lässt sich insbesondere auf die fünfstufige Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zurückführen. Gesetzlich wird die Förderung eines umweltgerechten Umgangs mit natürlichen Baustoffen, Bauschutt und Erdaushub gemäß dieser Hierarchie verlangt, die die Reihenfolge Vermeidung, Wiederverwendung, Recycling, Verwertung und Beseitigung vorgibt. Die Genehmigung oder Errichtung neuer regionaler Entsorgungsstätten stünde im Widerspruch zum Konzept des Kreislaufdenkens und würde den Weg der Beseitigung befördern.¹¹

Die Herausforderung besteht jedoch darin, dass im Falle von Boden- und Erdaushub eine Wiederverwendung oder ein Recycling im Sinne der Kreislaufwirtschaft aus technischer Perspektive kaum möglich ist. Die Implementierung der Kreislaufwirtschaft kann für natürliche Baustoffe oder geringe Mengen von Bauschutt erfolgreich sein. Hingegen fehlen praxistaugliche Lösungen und einfache Methoden zur Anwendung der Kreislaufwirtschaft auf den quantitativ bedeutendsten Abfallstrom. Daher ist es unab-

⁸ Vgl. (Makko, 2023), S. 13.

⁹ Vgl. (Makko, 2023), S. 13.

¹⁰ Vgl. (Hitzel, 2023), S. 39.

¹¹ Vgl. (Hitzel, 2023), S. 39 f.

dingbar, immer ausreichende Deponiekapazitäten aufrechtzuerhalten.¹² Der aktuelle Status quo verdeutlicht zudem, dass die bisherige Herangehensweise der letzten Jahre „wenig regionale Entsorgungsmöglichkeiten = bessere Kreislaufwirtschaft“ zu ökologischen und ökonomischen Auswirkungen geführt hat.¹³

Seit Beginn der Datenerfassung ist die Anzahl der in Deutschland betriebenen Endlagerestätten kontinuierlich zurückgegangen. Im Jahr 2012 wurden insgesamt 1.146 Deponien vom Statistischen Bundesamt erfasst. Acht Jahre darauf, zu Beginn der 2020er Jahre, reduzierte sich die Anzahl der Abfallentsorgungsanlagen auf 1.005. Im Jahr 2021 ist die Gesamtanzahl der Deponien aller Klassen erneut auf 999 gesunken.¹⁴

Eine aktuelle Studie aus dem Jahr 2022 von der Frankfurt University of Applied Sciences wirft einen Blick auf die Konsequenzen des Deponiemangels in Hessen. Die wissenschaftliche Untersuchung beleuchtet die Abfallströme, verfügbare Deponiekapazitäten und die Auswirkungen des aktuellen Status quo. Neben der Feststellung, dass die zunehmenden Transportentfernungen erhebliche Umweltbelastungen verursachen, ergab eine Modellrechnung der Forschung, dass das Restvolumen der hessischen Deponien für Bau- und Abbruchabfälle bei konstantem Abfallaufkommen maximal weitere acht Jahre ausreicht. Ab diesem Zeitpunkt wird es nicht mehr möglich sein, Bau- und Abbruchabfälle entsprechend ihrer Schadstoffklassifikation auf Deponien der Klasse DK0 und DK1 in Hessen zu entsorgen. Nach geltendem Abfallrecht definiert sich ein Zustand als Entsorgungsnotstand, wenn die schadlose und ordnungsgemäße Entsorgung bestimmter Abfallarten gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz nicht mehr gewährleistet ist. Basierend auf den Prognosen der Studie wird das Entsorgungsproblem in Hessen im Jahr 2030 oder sogar früher in einen derartigen Entsorgungsnotstand übergehen.¹⁵

Mit dem Verständnis der bestehenden Herausforderungen und Probleme in Bezug auf die Entsorgung von Boden- und Erdaushub kristallisieren sich für die Erstellung der Forschungsarbeit drei zentrale Aufgaben heraus. Vorrangig steht eine gründliche Untersuchung der Entsorgungssituation von Bauschutt und Erdaushub in Deutschland im Fokus. Dies beinhaltet die Erfassung der Abfallströme sowie der verfügbaren Deponiekapazitäten in Deutschland. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit liegt in der Analyse der ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen des gegenwärtigen Status Quo. Abschließend obliegt es, eine transparente Darstellung der aktuellen Ist-Situation zu erarbeiten, die auf fundierten Untersuchungen basiert und die Ergebnisse verständlich für ein breites Publikum in Politik, Wirtschaft und Verbänden aufbereitet.

¹² Vgl. (Hitzel, 2023), S. 39 f.

¹³ Vgl. (Hitzel, 2023), S. 40.

¹⁴ Vgl. (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), Abfallentsorgungsanlagen.

¹⁵ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 89 f.

1.2 Vorgehensweise, Zielsetzung und Methodik

Die vorliegende Arbeit beginnt mit einer Einleitung, in der die Problemstellung präzisiert, die Aufgabenstellung erläutert sowie die methodische Vorgehensweise dargestellt und Zielsetzung skizziert werden. In diesem Zusammenhang erfolgt auch die Definition relevanter Begriffe. Aufgrund der Komplexität des Abfallrechts existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Begriffe und Definitionen, die im alltäglichen Sprachgebrauch oft synonym verwendet werden. Um sicherzustellen, dass die Bedeutungen im wissenschaftlichen Kontext dieser Masterarbeit mit dem gesetzlichen Rahmen übereinstimmen, werden die wichtigsten Begriffe erläutert. Das Kapitel ist demzufolge von essenzieller Bedeutung für das Verständnis der Studienarbeit.

Im Kapitel zwei wird ein theoretischer Rahmen zum Thema Nachhaltigkeit im Bauwesen geschaffen, wobei der Fokus auf zentralen Gesetzen und Verordnungen liegt, insbesondere dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und der Ersatzbaustoffverordnung. Die Auswahl dieser Gesetze erfolgt aufgrund ihrer besonderen Relevanz für die Entsorgung ungefährlicher Bau- und Abbruchabfälle.

Die quantitativ-empirische Studie vertieft sich in den Kapiteln drei und vier, die das Entsorgungsproblem mineralischer Bauabfälle behandeln. Kapitel drei beginnt mit einer Analyse der vorhandenen Daten und Informationsquellen. Darüber hinaus erfolgt eine Bewertung der Entsorgungssicherheit durch einen Vergleich der fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländer: Bayern, Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Sachsen.

Kapitel vier setzt seinen Fokus auf die Analyse von ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen des momentanen Entsorgungsverhaltens im Bauwesen. Im Bereich der ökologischen Auswirkungen werden die Entsorgungsaktivitäten anhand einer Ökobilanz bewertet, wobei gleichzeitig die wirtschaftlichen Konsequenzen anhand der Entwicklung der Entsorgungspreise verifiziert werden. Der Abschluss des Kapitels findet sich in der Beschreibung sozialer Faktoren auf Menschen und Natur.

Kapitel fünf der vorliegenden Arbeit widmet sich dem Vergleich der Erkenntnisse aus den vorangegangenen Kapiteln drei und vier. Ziel ist es, einerseits die Entsorgungssituation in den einzelnen Bundesländern miteinander zu vergleichen, und andererseits die Restlaufzeiten der Deponien in tabellarischer Form gegenüberzustellen. Die Arbeit findet ihren Abschluss mit einem Fazit, das eine Zusammenfassung und die Beantwortung der Forschungsfrage bietet.

Die Definition der Forschungsfrage und der Zielsetzung bildet den Grundstein für den weiteren Forschungsverlauf. Die zentrale Forschungsfrage zum Thema „Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland – Auswirkungen und Deponiekapazitäten“ ist aus der Analyse des bisherigen Forschungsstandes abgeleitet. Die jüngsten Erkenntnisse aus der wissenschaftlichen Studie zur Entsorgungssituation in Hessen werfen eine zentrale Frage auf: Besteht auch in den anderen Bundesländern, insbesondere in den fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländern Deutschlands, die Gefahr eines akuten Entsorgungsnotstandes für Bauschutt und Erdaushub? Diese Frage bildet die zentrale Motivation als auch den Ausgangspunkt für die Forschung zu dem Thema.

Neben der primären Forschungsfrage manifestiert sich eine zusätzliche Unterfrage, die als weiterer Fokus dieser Untersuchung definiert wird. Der zentrale Aspekt liegt darin zu untersuchen, welchen Einfluss der Mangel an Endlagerstätten in Deutschland tatsächlich auf ökologischer, ökonomischer und sozialer Ebene ausübt. Diese Problemstellung erfordert eine quantitative Erfassung der Treibhausgasemissionen, die durch den Transport und die Entsorgung entstehen, sowie eine eingehende Analyse der wirtschaftlichen Auswirkungen.

Diese Forschungsfragen stellen den Kern der Studienarbeit dar und dienen dazu, die Zielsetzung zu schärfen. Das Hauptziel der Studienarbeit ist die Gewinnung neuer Erkenntnisse zur Entsorgungssituation von Bauschutt und Erdaushub in Deutschland. Dies umfasst die Bereitstellung von fundierten Informationen zur Sensibilisierung für die Problematik. Darüber hinaus sollen potenzielle Gefahren und Risiken identifiziert, praxisorientierte Lösungsansätze entwickelt sowie Empfehlungen für politische Entscheidungsträger erarbeitet werden. Es wird erhofft, auf Basis der Ergebnisse einen sachlichen Diskurs in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft anzuregen und die Herausforderungen des nachhaltigen Bauens durch ein angepasstes Entsorgungsmanagement bewältigen zu können.

1.2.1 Methodik und Forschungsdesign

Der Begriff „Forschungsdesign“, auch unter Untersuchungsart, Untersuchungsplan, Untersuchungsdesign, Studiendesign oder „Research Design“ bekannt, fungiert als übergreifende Bezeichnung für die methodologische Struktur einer wissenschaftlichen Untersuchung. Die Auswahl des Forschungsdesigns trägt entscheidend dazu bei, welches Maß an Aussagekraft die erlangten wissenschaftlichen Erkenntnisse letzten Endes aufweisen werden. Untersuchungsdesigns divergieren nicht nur hinsichtlich ihres Erkenntniswerts, sondern ebenso in Bezug auf den Forschungsaufwand und ihre Anwendbarkeit bei unterschiedlichen Zielgruppen und Sachverhalten.¹⁶

In Bezug auf die Zielsetzung strebt die vorliegende Masterarbeit das übergeordnete Ziel an, einen Beitrag zum wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt bezüglich der aktuellen Entsorgungssituation in Deutschland zu leisten. Dieser Erkenntnisfortschritt basiert auf der systematischen Erfassung, Aufbereitung und Analyse empirischer Daten aus dem Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft innerhalb eines strukturierten und protokollierten Forschungsprozesses. Empirische Daten sind dabei gezielte Informationen über die Realität, die im Hinblick auf das beschriebene Forschungsproblem zum Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub ausgewählt werden.¹⁷

In der empirischen Forschung erfolgt eine Unterscheidung zwischen quantitativen und qualitativen Methoden sowie zwischen Grundlagen- und Anwendungsforschung.¹⁸ Für die vorliegende Studie wird der quantitative Forschungsansatz gewählt, da sie sich mit der Analyse von Zusammenhängen und Merkmalen einer umfangreichen Datenmenge befasst. Der Verfasser nimmt dabei nicht aktiv an der Datenerhebung teil, sondern betrachtet die Stichprobe lediglich von einer externen Perspektive aus.¹⁹

Neben dem Hauptziel des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnes bezüglich der Entsorgungssituation in Deutschland, liegt der Ausarbeitung auch die Beantwortung praxisorientierter Fragestellungen zugrunde. Infolgedessen wird die Studie dem Bereich der Anwendungsforschung zugeordnet. Im Unterschied zur Grundlagenforschung verfolgt die Anwendungsforschung, auch als angewandte Forschung oder „applied science“ bekannt, das Ziel, konkrete praktische Probleme zu lösen oder Maßnahmen und Technologien zu optimieren.²⁰ Das Forschungsthema der vorliegenden Masterarbeit wird indirekt von Baufirmen, Bauverbänden und Auftraggeberverbänden vorgegeben, wodurch potenziell bedeutende wissenschaftliche Erkenntnisse für diese Akteure gene-

¹⁶ Vgl. (Döring/Bortz, 2016), S. 182.

¹⁷ Vgl. (Döring/Bortz, 2016), S. 5.

¹⁸ Vgl. (Döring/Bortz, 2016), S. 14.

¹⁹ Vgl. (Döring/Bortz, 2016), S. 14.

²⁰ Vgl. (Döring/Bortz, 2016), S. 185.

riert werden können. Die Ergebnisse der Studie könnten folglich als praktische Entscheidungshilfe in politischen und bauwirtschaftlichen Gremien dienen.

Ein weiteres charakteristisches Merkmal des gewählten Forschungsdesigns liegt in der Beschreibung der Entsorgungssituation in Deutschland und der damit einhergehenden ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen. Aufgrund des beschreibenden Charakters der Studie wird der Forschungszweck als deskriptiv klassifiziert.

Aufgrund der Unmöglichkeit der Selbstgenerierung von Abfalldaten in den Bundesländern oder der Messung der Restkapazitäten an Deponieraum im Rahmen einer Masterarbeit werden Sekundärdaten als primäre Datenquelle herangezogen. Die relevanten Daten für die Studie werden in erster Linie von den statistischen Landesämtern, den Regierungspräsidien, den Umweltministerien oder aus den Landesverbänden der Bauindustrie in Form einer quantitativen Dokumenten- und Literaturanalyse erhoben. Als zentrale Sekundärquelle gelten die aktuellen Abfallwirtschaftspläne sowie die aktuellen statistischen Abfallberichte.

Als Forschungsgegenstand der Untersuchung werden die fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländer definiert. Dabei handelt es sich um eine gezielte Auswahl einer Stichprobe, welche einen großen Einfluss auf das bauwirtschaftliche Handeln der Bundesrepublik Deutschland ausübt. Der Messzeitpunkt für die Erhebung der Daten orientiert sich am zeitlichen Rahmen für die Anfertigung der Abschlussarbeit. Bei der Recherche und Auswahl der Daten wird besonderes Augenmerk darauf gelegt, stets die aktuellsten verfügbaren Informationen zu verwenden. Dadurch gewährleistet die Studie höchste Aktualität für das Erhebungsjahr 2024.

1.3 Grundlegende Begriffe

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit Daten, Informationen, Zusammenhängen und Verfahren aus dem Bereich der Abfall- und Kreislaufwirtschaft. Für Nichtjuristen handelt es sich dabei um ein Rechtsgebiet, das von einer Vielzahl unterschiedlicher Begriffe und Definitionen geprägt ist. Diverse Begriffe aus diesem Gebiet werden im alltäglichen Sprachgebrauch häufig synonym verwendet, was potenziell zu Missverständnissen führen kann. Zur Sicherstellung einer präzisen und gesetzeskonformen Behandlung dieser Thematik im wissenschaftlichen Kontext der vorliegenden Studie ist es daher unerlässlich, die zentralen Begriffe und ihre juristischen Definitionen ausführlich zu erläutern. Dieses Glossar dient als fundamentale Grundlage, auf der die weiterführende Analyse und Bewertung des Entsorgungsnotstands für Bauschutt und Erdaushub erfolgen kann.

A

Abfall:

Abfälle sind alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. (§3 Absatz 1 Satz 1 KrWG)

B

Beseitigung:

Beseitigung ist jedes Verfahren, das keine Verwertung ist, auch wenn das Verfahren zur Nebenfolge hat, dass Stoffe oder Energie zurückgewonnen werden. (§3 Absatz 26 Satz 1 KrWG)

Bau- und Abbruchabfälle (AVV 17):

Abfälle, die mit einem Abfallschlüssel gemäß Europäischem Abfallverzeichnis (EAV) des Abfallkapitels 17 „Bau- und Abbruchabfälle (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten)“ verschlüsselt sind.²¹

²¹ (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2022), S. 6.

Boden, Steine und Baggergut (AVV 17 05):

- 17 05 Boden (einschließlich Aushub von verunreinigten Standorten),
Steine und Baggergut
- 17 05 03* Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
- 17 05 04 Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
 → (Material, welches zum Zweck einer Baumaßnahme an der Baustelle ausgehoben wird)
- 17 05 05* Baggergut, das gefährliche Stoffe enthält
- 17 05 06 Baggergut mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 05 05 fällt
 → (Bodenmaterial, das im Rahmen von Unterhaltungs-, Neu- und Ausbaumaßnahmen aus
 oder an Gewässern entnommen wird.)
- 17 05 07* Gleisschotter, der gefährliche Stoffe enthält
- 17 05 08 Gleisschotter mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 07 fällt

(Anlage zu § 2 Absatz 1 Abfallverzeichnis-Verordnung-AVV)

D

Deponien:

Deponien sind Beseitigungsanlagen zur dauerhaften Ablagerung von Abfällen oberhalb der Erdoberfläche (oberirdische Deponien) oder unterhalb der Erdoberfläche (Untertagedeponien). (§3 Absatz 27 Satz 1 KrWG)

Deponieklasse 0 (DK 0):

Oberirdische Deponie für Inertabfälle, die die Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse 0 einhalten (§ 2 Absatz 6 Satz 1 DepV)

Inertstoff- oder auch Regeldeponie für mineralische Abfälle mit geringem Schadstoffgehalt. Dazu zählen beispielsweise unbelasteter Erdaushub und gegebenenfalls Bauschutt oder vergleichbare mineralische industrielle oder gewerbliche Abfälle. Ist der Einsatz bei Verwertungsmaßnahmen in technischen Bauwerken mit dem Zuordnungswert Z0 bis Z2 nicht möglich, so muss eine Beseitigung auf Deponien ab der Deponieklasse 0 erfolgen.²²

²² Vgl. (Schaidler, 2023), Deponieklasse 0.

Deponieklasse I (DK I):

Oberirdische Deponie für Abfälle, die die Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse I einhalten (§ 2 Absatz 7 Satz 1 DepV)

Deponie für mäßig belastete nicht gefährliche Abfälle. Die Deponieklasse 1 wird in der Regel für mäßig belasteten Erdaushub, Bauschutt oder vergleichbare mineralische gewerbliche Abfälle genutzt. Abfälle des Zuordnungswertes Z3 werden mindestens auf Deponien der Deponieklasse I beseitigt.²³

Deponieklasse II (DK II):

Oberirdische Deponie für Abfälle, die die Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse II einhalten (§ 2 Absatz 8 Satz 1 DepV)

Deponie für belastete, jedoch nicht gefährliche Abfälle. Die Deponieklasse II ist die Regeldeponie für die Ablagerung von vorbehandeltem Hausmüll oder vergleichbaren mineralischen gewerblichen Abfällen.²⁴

Deponieklasse III (DK III):

Oberirdische Deponie für nicht gefährliche Abfälle und gefährliche Abfälle, die die Zuordnungskriterien nach Anhang 3 Nummer 2 für die Deponieklasse III einhalten. (§ 2 Absatz 9 Satz 1 DepV)

Deponie für gefährliche Abfälle.²⁵

Deponieklasse IV (DK IV):

Untertagedeponie, in der Abfälle

a) in einem Bergwerk mit eigenständigem Ablagerungsbereich abgelagert werden, der getrennt von einer Mineralgewinnung angelegt ist, oder

b) in einer Kaverne, vollständig im Gestein eingeschlossen, abgelagert werden.

(§ 2 Absatz 10 Satz 1 DepV)

Regeldeponie für die untertägige Ablagerung von Abfällen mit einer besonderen Gefährlichkeit.²⁶

²³ Vgl. (Schaidler, 2023), Deponieklasse I.

²⁴ Vgl. (Schaidler, 2023), Deponieklasse II.

²⁵ Vgl. (Schaidler, 2023), Deponieklasse III.

²⁶ Vgl. (Schaidler, 2023), Deponieklasse IV.

E

Entsorgung:

Abfallentsorgung sind Verwertungs- und Beseitigungsverfahren, einschließlich der Vorbereitung vor der Verwertung oder Beseitigung. (§3 Absatz 22 Satz 1 KrWG)

Entsorgungssicherheit:

Die schadlose und ordnungsgemäße Entsorgung von bestimmten Abfällen ist über den gesamten Geltungsbereich (fünf Jahre) des Abfallwirtschaftsplanes gesichert.²⁷

Entsorgungsnotstand:

Im verfassungsrechtlichen Kontext bezeichnet ein Notstand eine Situation, in der äußere oder innere Einflüsse den Bestand, die Sicherheit oder die innere Ordnung eines Staates gefährden. § 34 StGB regelt den Notstand und besagt, dass ein Handeln, welches gegen Gesetze verstößt, gerechtfertigt sein kann, wenn es aufgrund einer Notlage unumgänglich ist, um ein höherwertiges Rechtsgut zu schützen.²⁸

Im abfallrechtlichen Sinne, liegt ein Entsorgungsnotstand vor, wenn die schadlose und ordnungsgemäße Entsorgung von bestimmten Abfällen nicht mehr gesichert ist.²⁹

Ersatzbaustoff:

Gemäß § 2 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV ist ein mineralischer Ersatzbaustoff (MEB), ein mineralischer Baustoff, der

a) als Abfall oder als Nebenprodukt

aa) in Aufbereitungsanlagen hergestellt wird oder

bb) bei Baumaßnahmen, beispielsweise Rückbau, Abriss, Umbau, Ausbau, Neubau und Erhaltung anfällt,

b) unmittelbar oder nach Aufbereitung für den Einbau in ein technisches Bauwerk geeignet und bestimmt ist und

c) unmittelbar oder nach Aufbereitung unter die in den Nummern 18 bis 33 bezeichneten Stoffe fällt.

z.B.: Recycling-Baustoff, Bodenmaterial, Baggergut, Gleisschotter, Ziegelmateriale, etc.

²⁷ (Siekemeyer, 2022), S. 6.

²⁸ Vgl. (Schubert & Klein, 2018), S. 54.

²⁹ (Siekemeyer, 2022), S. 7.

Europäisches Abfallverzeichnis EAV:

Das Europäische Abfallverzeichnis (EAV) gemäß der Abfallverzeichnisverordnung (AVV), im internationalen Sprachgebrauch auch „List of Waste (LoW)“ genannt, ist ein gemeinschaftlich harmonisiertes Abfallverzeichnis, das regelmäßig auf der Grundlage neuer Erkenntnisse und insbesondere neuer Forschungsergebnisse überprüft und erforderlichenfalls geändert wird. Es gliedert sich in Abfallkapitel (zweistellige Kapitelüberschrift), Abfallgruppen (vierstellige Kapitelüberschrift) und Abfallarten. Abfallarten, welche mit einem Sternchen (*) versehen sind, sind gefährlich im Sinne des § 48 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes.³⁰

G

Gefährliche Abfälle:

Gefährliche Abfälle im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind die mit Sternchen (*) versehenen Abfallarten gemäß Abfallverzeichnisverordnung.³¹

O

Ordnungsgemäße Entsorgung:

Die Entsorgung erfolgt ordnungsgemäß, wenn sie im Einklang mit den Vorschriften des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften steht. (§7 Absatz 3 Satz 2 KrWG)

R

Recycling:

Recycling ist jedes Verwertungsverfahren, durch das Abfälle zu Erzeugnissen, Materialien oder Stoffen entweder für den ursprünglichen Zweck oder für andere Zwecke aufbereitet werden. (§3 Absatz 25 Satz 1 KrWG)

³⁰ (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2022), S. 18.

³¹ (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2022), S. 18

S

Schadlose Entsorgung:

Die Entsorgung erfolgt schadlos, wenn nach der Beschaffenheit der Abfälle, dem Ausmaß der Verunreinigungen und der Art der Verwertung Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten sind, insbesondere keine Schadstoffanreicherung im Wertstoffkreislauf erfolgt. (§7 Absatz 3 Satz 3 KrWG)

T

Technisches Bauwerk:

Der Begriff des technischen Bauwerkes wird in der Ersatzbaustoffverordnung definiert als jede mit dem Boden verbundene Anlage oder Einrichtung, die nach einer Einbauweise der Anlage 2 oder 3 errichtet wird. Hierzu gehören beispielsweise Straßen, Wege, Parkplätze, Baustraßen, Leitungsgräben, Baugruben, Hinterfüllungen von Erdbaumaßnahmen, Lärm- und Schutzwälle oder auch Schienenverkehrswege. (§ 2 Absatz 3 Satz 1 ErsatzbaustoffV)

V

Verfüllung:

Verfüllung im Sinne dieses Gesetzes ist jedes Verwertungsverfahren, bei dem geeignete, nicht gefährliche Abfälle zur Rekultivierung von Abgrabungen oder zu bautechnischen Zwecken bei der Landschaftsgestaltung verwendet werden. (§3 Absatz 25a Satz 1 KrWG)

Verwertung:

Verwertung ist jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen. (§3 Absatz 23 Satz 1 KrWG)

2 Nachhaltigkeit im Bauwesen

In Anbetracht der ökologischen Auswirkungen, die durch die Bauindustrie verursacht werden, wird zunehmend die Forderung nach einer nachhaltigen Entwicklung dieser Branche laut. Schlüsselbegriffe wie nachhaltiges Bauen, „Green Buildings“, Kreislaufwirtschaft und Ressourcenschutz prägen sämtliche Ebenen des bauwirtschaftlichen Handelns. In den Frühphasen des Bauens bestimmten Natur und Standort die Auswahl der Baumaterialien. Dort, wo reichlich Wald vorhanden war, entstanden Holzhäuser, in felsigen Gebieten wurden Steinbauten errichtet und in kalten Regionen nutzte man Eisblöcke zum Bau von Iglus. Zu jener Zeit entstanden viele kleine Häuser, während im 21. Jahrhundert Menschen in Hochhäusern mit 40 bis 50 Stockwerken übereinander leben. Liegt nicht in diesem früheren Baustil eine wesentlich umweltfreundlichere Praxis im Vergleich zu unserer gegenwärtigen Vorgehensweise? Steht Nachhaltigkeit respektive die nachhaltige Entwicklung des Bausektors möglicherweise für eine Rückbesinnung auf die Ursprünge des Bauens? Die Beantwortung dieser Fragen erfordert eine eingehende Analyse des Begriffs Nachhaltigkeit und seiner historischen Entwicklung.

2.1 Der Begriff Nachhaltigkeit

In der Literatur finden sich mehrere Definitionen für das Wort Nachhaltigkeit.

„Nachhaltigkeit – eine längere Zeit anhaltende Wirkung“³²

„forstwirtschaftliches Prinzip, nach dem nicht mehr Holz gefällt werden darf, als jeweils nachwachsen kann.“³³

„Bei allem, was man tut, das Ende zu bedenken, das ist Nachhaltigkeit.“³⁴

Die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (Brundtland-Kommission) erklärt das Wort Nachhaltigkeit im Jahr 1987 wie folgt:

„Sustainable development meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs“.³⁵

Der Begriff „Nachhaltigkeit“ oder „nachhaltige Entwicklung“ repräsentiert die geläufige Übersetzung des englischen Ausdrucks „sustainable development“ oder auch „sustainability“ und beschreibt eine Entwicklung, welche den gegenwärtigen Anforderungen gerecht wird, ohne dabei die Potenziale kommender Generationen zu beeinträchtigen.³⁶

³² (Dudenredaktion, 2023), Suchwort: „Nachhaltigkeit“.

³³ (Dudenredaktion, 2023), Suchwort: „Nachhaltigkeit“.

³⁴ (Schweitzer, 2010)

³⁵ (World Commission on Environment and Development, 1987), S. 1.

³⁶ Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 9.

Es lässt sich folglich konkludieren, dass der Begriff Nachhaltigkeit im Wesentlichen zwei bedeutende Aspekte umfasst. Zum einen verweist er auf eine anhaltende Wirkung und zum anderen bezieht er sich auf einen bewussten Umgang mit begrenzten Ressourcen.

Nach der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung im Jahr 1992 in Rio de Janeiro wandelte sich das Konzept der Nachhaltigkeit im allgemeinen Sprachgebrauch erneut. Nachhaltigkeit umfasst nunmehr nicht nur den langfristigen Schutz von Umwelt und Ressourcen, sondern erstreckt sich auch über die Verwirklichung sozialer und ökonomischer Ziele. Eine nachhaltige Entwicklung gründet demnach stets auf drei Dimensionen: der Ökologischen, der Ökonomischen und der Sozialen.³⁷

2.2 Geschichte der Nachhaltigkeit

Erstmals wurde der Begriff respektive das Verhaltensprinzip im deutschen Sprachgebrauch im 18. Jahrhundert von einem sächsischen Berghauptmann aufgegriffen. Hans-Karl von Carlowitz manifestierte 1713 in seinem Werk „Silvicultura oeconomica – hauswirtschaftliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baumzucht“ aufgrund der zunehmenden Abholzung von Wäldern eine Regel der Nachhaltigkeit. Gemäß dieser Regel darf nur so viel Holz geschlagen werden, wie nachwachsen kann. Carlowitz erkannte die Endlichkeit der Ressourcen und legte den Grundstein für ein sich selbst erhaltendes Wirtschaftssystem. Das Ziel bestand darin, durch planmäßige Nutzung und Aufforstung die Waldflächen konstant zu halten. Der Verwaltungsbeamte beschäftigte sich eingehend mit der Frage der Holzversorgung des Bergbaus und hegte ernste Besorgnis vor einem drohenden Holzmangel. Das Nachhaltigkeitsdenken von Carlowitz zeichnete sich durch die Optimierung der Ressourcennutzung, einen vernunftgeleiteten Waldanbau und eine verstärkte Wechselwirkung zwischen Menschen und Natur aus. Bereits im 18. Jahrhundert unterbreitete Hans-Karl von Carlowitz Vorschläge für effiziente Maßnahmen im Umgang mit dem Holzbestand. Hierzu gehörte beispielsweise die Entwicklung energiesparender Schmelzöfen sowie die Herstellung von wärmeisolierten Außenwänden von Gebäuden. In den darauffolgenden Jahren wurde das Konzept der Nachhaltigkeit von den Forstakademien aufgegriffen und kontinuierlich verfeinert.³⁸

Aus der forstwirtschaftlichen Wiege geboren, ging das Verhaltensprinzip in den darauffolgenden Jahren scheinbar komplett verloren. Erst Anfang der siebziger Jahre des 20. Jahrhunderts wurde das Thema neu aufgegriffen und global zur Sprache gebracht.

³⁷ Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 10.

³⁸ Vgl. (Müller, 2014), S. 4.

Die Industrialisierung, die verheerenden Zerstörungen des zweiten Weltkrieges und der enorme wirtschaftliche Aufschwung in den Nachkriegsjahren brachte als negative Folgeerscheinung starke Umwelt- und Naturprobleme mit sich. Infolgedessen entstand ein Umdenken in der Koexistenz von Menschen und Natur. Im Jahre 1972 wurde die Thematik neu aufgegriffen und der Beginn einer globalen Umweltschutzpolitik proklamiert. Startpunkt für diese länderübergreifende Politik war die Gründung des „UNEP – U.N. Environment Programme“. ³⁹

Parallel dazu veröffentlichte der Club of Rome im gleichen Jahr den Bericht „Die Grenzen des Wachstums“, der das Erreichen der Wachstumsgrenze der Weltwirtschaft innerhalb der nächsten 100 Jahre prognostizierte, sofern das Verhältnis zwischen Mensch und Natur unverändert bliebe.

Im Jahr 1983 gründeten die Vereinten Nationen die „Weltkommission für Umwelt und Entwicklung“ (engl. „WCED – World Commission on Environment and Development“) und sorgten für ein weiteres Umdenken im Verständnis von Umwelt und Nachhaltigkeit. Die Kommission veröffentlichte in den Folgejahren einen Bericht mit dem Titel „Our Common Future“, ebenfalls bekannt als „Brudtland-Report“ und stellte damit die Weichen für die 1992 stattfindende UNO-Konferenz in Rio de Janeiro. An dieser Begegnung nahmen rund 10.000 Delegierte aus 178 Ländern teil. Erstmals in der Geschichte der Menschheit konferierten Vertreter nahezu aller bedeutender Staaten über das Thema Umwelt und Entwicklung. Nennenswerte Ergebnisse der Versammlung waren zwei internationale Abkommen, zwei Grundsatzserklärungen und das Aktionsprogramm Agenda 21. Die Agenda 21 ist ein umweltpolitisches Entwicklungsprogramm mit exakten Handlungsempfehlungen für eine weltweite, nachhaltige Entwicklung im 21. Jahrhundert. Armutsbekämpfung, nachhaltige Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen oder die Reduzierung des Treibhauseffektes sind Ziele, die in der Tagesordnung betont wurden. ⁴⁰

Weitere historische Meilensteine waren die Klimakonferenz in Kyoto 1997, der Millennium-Gipfel 2000 in New York und der Weltgipfel für Nachhaltige Entwicklung 2002 in Johannesburg. Letzterer diente vor allem dazu, die Ergebnisse der Agenda 21 zu bilanzieren und neue Ziele zu definieren. Im Jahr 2015 wurde auf der UN-Klimakonferenz in Paris das Pariser Klimaschutzabkommen verabschiedet. Die Mitgliedsstaaten verpflichteten sich völkerrechtlich dazu, die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Niveau auf 2,0 °C bis 1,5 °C zu begrenzen. Zusätzlich einigten sich die 193 Mitglieder im Rahmen der Agenda 2030 auf 17 globale Nachhaltigkeitsziele.

³⁹ Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 10.

⁴⁰ Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 11

le mit 169 Unterzielen, bekannt als die „17 Sustainable Development Goals (SDGs)\", die bis 2030 umgesetzt werden sollen.⁴¹

Analog zu der erläuterten politischen Entwicklung der Nachhaltigkeit verhält sich auch die Entstehung der nationalen Gesetzgebung in den Bereichen Abfallentsorgung und Kreislaufwirtschaft. Die erste bundeseinheitliche Regelung wurde durch die Verabschiedung des Abfallbeseitigungsgesetzes (AbfG) im Jahre 1972 geschaffen. Vorrangiges Ziel war die schadlose Beseitigung von Abfällen, der Schutz von Natur und Grundwasser, die Schließung einer Vielzahl kleiner Müllkippen sowie die Einführung geordneter Entsorgungsanlagen.⁴² Es wird deutlich, dass die internationalen Bestrebungen für einen nachhaltigen Umgang mit der Umwelt zeitgleich auch in Deutschland Anwendung fanden.

Von entscheidender Bedeutung für das nationale Recht ist zudem die im Jahr 1975 erlassene Abfallrahmenrichtlinie der Europäischen Union. Diese verpflichtet die Mitgliedsstaaten durch geeignete Maßnahmen zur Reduzierung der Abfallerzeugung sowie zur fortschreitenden Verwertung und Wiederverwendung.⁴³

In den siebziger und achtziger Jahren unterzog sich das Abfallbeseitigungsgesetz zahlreichen Änderungen, darunter die Regelung der grenzüberschreitenden Abfallverbringung. In der vierten Novelle des Abfallbeseitigungsgesetzes von 1986 wurden neue Ziele zur Verwertung und Abfallvermeidung definiert, woraus ein neues Abfallgesetz hervorging. Dieses überarbeitete Abfallgesetz bildete in den darauffolgenden Jahren die Grundlage für die Entstehung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes (KrW-/AbfG).⁴⁴

Grundlage für diese jüngste Novellierung bildete das Bestreben der Bundesregierung, die Kreislaufwirtschaft als bedeutendes Instrument zur nachhaltigen Nutzung endlicher Ressourcen in Industrie, Gewerbe und Handel zu etablieren. Das Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz, das im Wesentlichen am 01.06.1996 in Kraft trat, integrierte darüber hinaus europarechtliche Ergänzungen aus der Abfallrahmenrichtlinie.

Im Bestreben, den Schutz von Umwelt und menschlicher Gesundheit weiter zu intensivieren, erfolgte im Jahr 2008 die Überarbeitung der Abfallrahmenrichtlinie (Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle), die erstmals 1975 eingeführt wurde. Dabei wurden bestimmte Leitlinien aufgehoben und neue Vorgaben zur Umstellung auf eine Kreislaufwirtschaft festgelegt. Das Inkrafttreten dieser Richtlinie markierte den Beginn des zentralen Gesetzes im deutschen Abfallrecht, dem Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG).⁴⁵

⁴¹ Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 11.

⁴² Vgl. (Kranert, 2017), S. 14.

⁴³ Vgl. (Kranert, 2017), S. 14.

⁴⁴ Vgl. (Kranert, 2017), S. 15.

⁴⁵ Vgl. (Kranert, 2017), S. 23.

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz repräsentiert eine weitere Aktualisierung des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes von 1996 und trat am 01.06.2012 in Kraft. Dabei stand die Nachschärfung der Abfallhierarchie im Fokus dieser Neugestaltung. Das oberste Ziel des Kreislaufwirtschaftsgesetzes besteht darin, die Deponierung von Abfällen zu minimieren. An zweiter Stelle rangiert die Wiederverwendung, gefolgt von der stofflichen Verwertung beziehungsweise dem Recycling und zuletzt die Beseitigung.⁴⁶

Von hoher Aktualität ist die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung (EBV). Diese Verordnung wurde am 09.07.2021 erlassen und trat am 01.08.2023 in Kraft. Mit ihrer Implementierung wurden bundeseinheitliche und rechtsverbindliche Standards für die Herstellung und den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe etabliert. Die Auswirkungen dieser Verordnung erstrecken sich maßgeblich auf die Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub.⁴⁷

Die Analyse der historischen Entwicklung der Nachhaltigkeit verdeutlicht, dass das deutsche Abfallrecht zeitgleich mit den internationalen Bemühungen für mehr Klima- und Umweltschutz entstanden ist. Bedeutende internationale Beschlüsse und Konferenzen dienten als Auslöser für die Anpassung oder Neugestaltung des geltenden Abfallrechts. Diese Zusammenhänge werden durch die Gegenüberstellung in Abbildung 2 untermauert.

⁴⁶ Vgl. (Kranert, 2017), S. 23.

⁴⁷ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), Vorwort S. V.

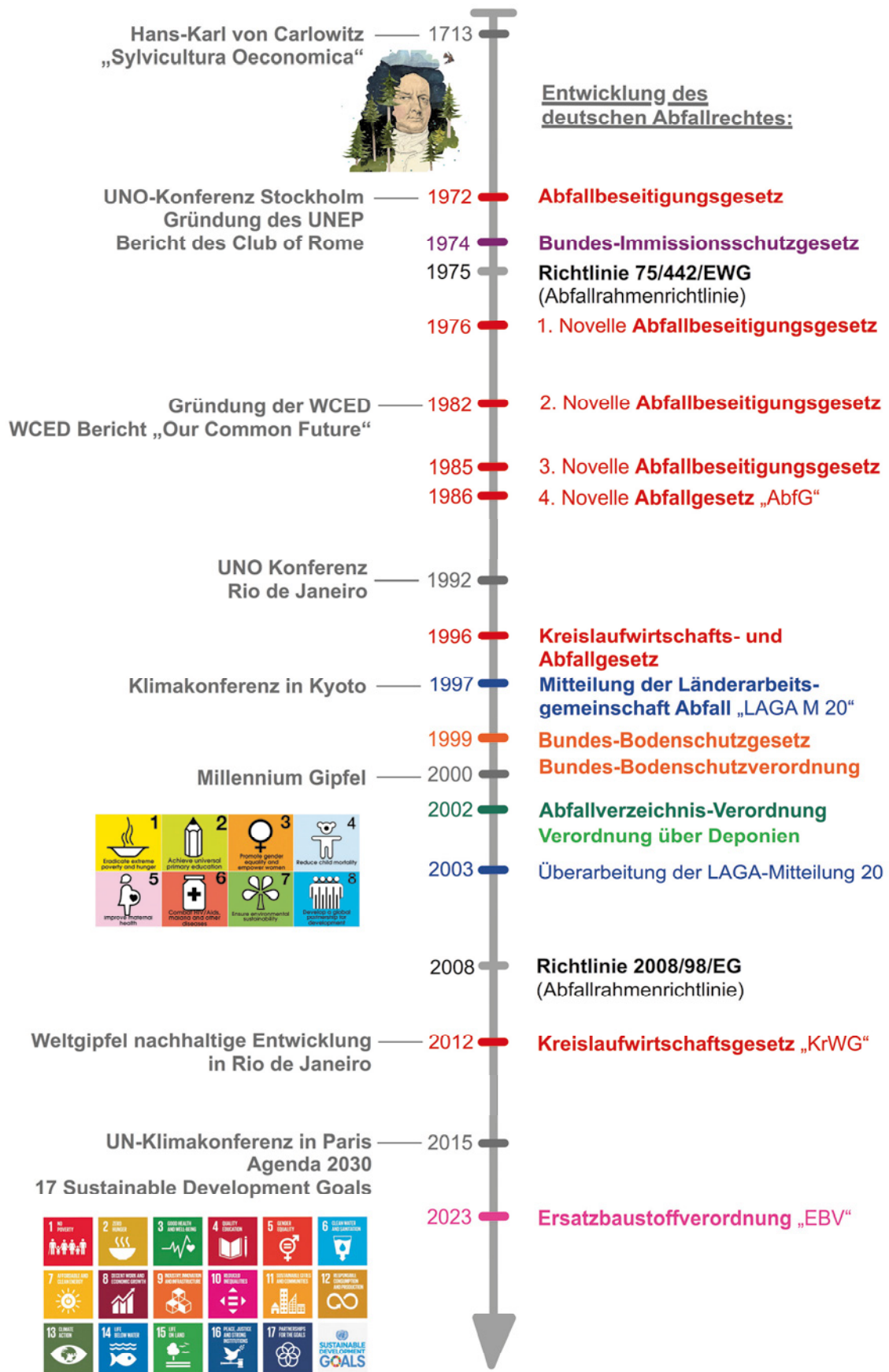


Abbildung 2 Historie der Nachhaltigkeit im Vergleich zur Entwicklung des deutschen Abfallrechtes [Eigene Darstellung, 14.03.2024]

2.3 Die drei Säulen der Nachhaltigkeit

Das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit ist konstatiert auf der Ansicht, dass sich nachhaltiges Handeln immer gleichberechtigt und gleichermaßen aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Sozialem zusammensetzen muss. Die drei Dimensionen Umweltschutz, soziale Verantwortung und wirtschaftliche Stabilität bilden das Rahmenwerk, um eine ausgewogene und zukunftsfähige Entwicklung zu gewährleisten. Die Idee von diesem Nachhaltigkeitsverständnis wurde in den 1990er Jahren entwickelt und erstmals als Modell auf dem Weltgipfel in Johannesburg im Jahr 2002 präsentiert. Die drei Säulen dienen als Grundlage für Unternehmen und Staaten, an derer sie Leitlinien für nachhaltiges Handeln und Politik formulieren können.⁴⁸ Im weiteren Verlauf der Studienarbeit werden diese drei Säulen genauer betrachtet, um ihre individuellen Bedeutungen und ihre Wechselwirkungen im Kontext nachhaltiger Entwicklung zu erklären. Zudem bildet die Analyse ökologischer, ökonomischer und sozialer Auswirkungen den Kern der empirischen Untersuchung. Anhand dieser Kriterien wird die Entsorgungssituation von Bauschutt und Erdaushub in verschiedenen Bundesländern bewertet und analysiert.

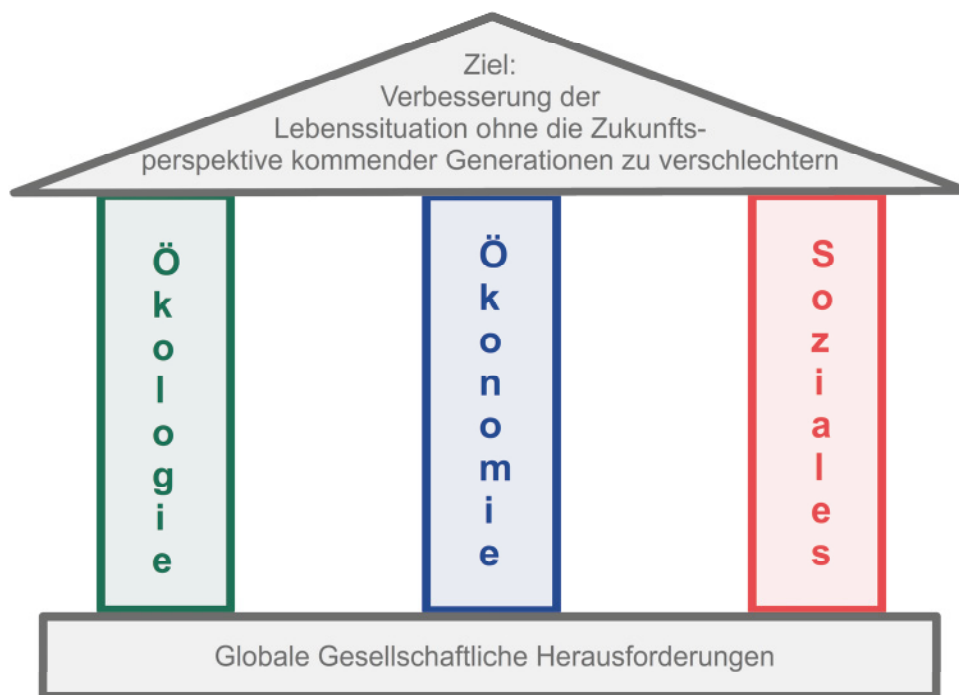


Abbildung 3 Das Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit [Eigene Darstellung, 14.03.2024]

Grundlegend gilt für das Verständnis des Modells, dass die drei Bereiche als gleichrangige Dimensionen angesehen werden. Das Ziel besteht darin, die Lebenssituation der heutigen Generationen zu verbessern ohne die Zukunftsperspektive der kommenden Generationen zu verschlechtern. Globale gesellschaftliche Herausforderungen müssen gleichwertig aus den drei Perspektiven Ökologie, Ökonomie und Soziales be-

⁴⁸ Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 10.

trachtet und analysiert werden. Nur, wenn wirtschaftliche, umweltbezogene und soziale Ziele parallel vorangetrieben, sichergestellt und verbessert werden, steigert sich die Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft.⁴⁹

Im Folgenden sollen die genannten Säulen respektive Dimensionen kurz erörtert werden:

1. Ökologische Nachhaltigkeit:

Über einen langen Zeitraum hinweg fokussierten sich die Diskussionen über Nachhaltigkeit in erster Linie auf die ökologische Säule. Der Ursprung dieser Debatten reicht zurück in die Zeit, als erkannt wurde, dass die wachsende Industrialisierung eine übermäßige Beanspruchung der Wälder zur Folge hatte. Die dringende Notwendigkeit eines nachhaltigen Waldbaus wurde evident, um einer Ausnutzung der Wälder entgegenzuwirken. Die ökologische Nachhaltigkeit unterstreicht vor allem die grundlegende Idee, die Natur nicht rücksichtslos auszubeuten. Eine nachhaltige Lebensweise im ökologischen Kontext bedeutet somit, natürliche Ressourcen lediglich in einem Maße zu nutzen, wie sie sich eigenständig regenerieren können. Diese Säule steht folglich für einen bewussten Umgang mit Wasser, Energie und begrenzten Ressourcen. Darüber hinaus symbolisiert sie den Schutz der Artenvielfalt sowie die Pflege von Kultur- und Landschaftsräumen. Die bis weit ins 20. Jahrhundert anhaltende, rein ressourcenorientierte Auslegung der Nachhaltigkeit, die mit dieser Säule verbunden ist, offenbarte sich jedoch nach und nach als unzureichende Betrachtungsweise umweltpolitischer Herausforderungen. Folglich entstanden zwei weitere Dimensionen zur Auslegung der Nachhaltigkeit.⁵⁰

Zu den zentralen ökologischen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts zählen die Klimaerwärmung, der Verlust an Arten- und Landschaftsvielfalt sowie der Konsum nicht erneuerbarer Ressourcen. Insbesondere das Bauwesen übt einen erheblichen Einfluss auf die ökologische Säule aus. Über Themenfelder wie die Baustoffauswahl, die Implementierung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien, die Wasserversorgung, die Bodenentsiegelung oder die Inanspruchnahme von Flächen tritt die Bauindustrie maßgeblich in diesen Bereich.

2. Ökonomische Nachhaltigkeit:

Wie bereits erörtert, hat die ökonomische Säule erst vor wenigen Jahren Eingang in das Verständnis von Nachhaltigkeit gefunden. Nach der Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Jahr 1992 wurde ein Ausgleich zwischen wirtschaftlichen Interessen und umweltpolitischen Zielen gefordert. Die ökonomische Nachhaltigkeit verlangt seitdem nach einem „guten“ Wirtschaften, das eine

⁴⁹ Vgl. (Meffert, et al., 2014), S. 7.

⁵⁰ Vgl. (Meffert, et al., 2014), S. 8.

langfristige Grundlage für Gewinn und Wohlstand schafft. Eine Gesellschaft sollte keinesfalls über ihre Verhältnisse leben, da dies zwangsläufig zu Beeinträchtigungen für die nachfolgenden Generationen führt. Wenn eine Wirtschaftsweise dauerhaft betrieben werden kann, ist sie aus ökonomischer Sicht nachhaltig.⁵¹

Die jüngsten globalen Entwicklungen im Verlauf der 20er Jahre des 21. Jahrhunderts werfen jedoch zahlreiche ökonomische Herausforderungen auf. Die Instabilität des Geldwerts und der Finanzmärkte, das Ungleichgewicht in der Außenwirtschaft, Staatsverschuldungen, globale Abhängigkeiten und die rückläufige Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt sind Aspekte, die nachhaltiges Wirtschaften erschweren. Maßnahmen zur Förderung der Wirtschaftlichkeit im Bauwesen könnten beispielsweise die Optimierung der Planung, die Reduzierung der Lebenszykluskosten oder die Senkung der Baukosten sein.⁵²

3. Soziale Nachhaltigkeit:

In der Folge der „Rio-Konferenz“ hat sich der Begriff der Nachhaltigkeit nicht nur in die ökonomische Dimension ausgedehnt, sondern auch im Kontext des sozialen Miteinanders Fuß gefasst. Die Konzeption der sozialen Nachhaltigkeit berücksichtigt dabei die Organisierung eines Staates oder einer Gesellschaft in einer Weise, die soziale Spannungen auf ein Minimum beschränkt. Es geht um die geordnete Koexistenz der Menschen in einem Staat und in der Gesellschaft. Ein Beispiel für die Förderung sozialer Nachhaltigkeit im Bauwesen ist die Integration einer Immobilie in ihre Umgebung oder die Verknüpfung von Wohnen, Arbeit und Freizeit. Die Säule der sozialen Nachhaltigkeit wird im 21. Jahrhundert vorrangig von Faktoren wie dem demografischen Wandel, sozialer Unsicherheit, Chancenungleichheit und dem Anstieg innerer und äußerer Konflikte beeinflusst.⁵³

Die Analyse des Drei-Säulen-Modells der Nachhaltigkeit verdeutlicht, dass der Begriff der Nachhaltigkeit in verschiedenen Bereichen eine weitreichende Bedeutung besitzt. Der Begriff hat im Laufe der Jahre einen Bedeutungswandel und damit einhergehend auch eine enorme Erweiterung erfahren. Beginnend als forstwirtschaftliches Verhaltensprinzip erstreckt sich seine Bedeutung heute auf sämtliche Bereiche der Umwelt-, Wirtschafts- und Gesellschaftspolitik. Im Hinblick auf das Themenfeld der vorliegenden Studienarbeit wird nach dieser allgemeinen theoretischen Grundlage der Blick auf das Bauwesen respektive auf das nachhaltige Bauen gerichtet. Der Fokus liegt hierbei speziell auf der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus eines Bauwerkes. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei einer oft vernachlässigten Phase gewidmet: der Nutzungsphase beziehungsweise der Entsorgung der Baumaterialien.

⁵¹ Vgl. (Meffert, et al., 2014), S. 8.

⁵² Vgl. (Meffert, et al., 2014), S. 8.

⁵³ Vgl. (Meffert, et al., 2014), S. 9.

2.4 Nachhaltiges Bauen

Vor dem Hintergrund der kontinuierlich wachsenden Dimensionen von Bauprojekten und dem voranschreitenden Ausbau der globalen Infrastruktur gewinnt die Notwendigkeit einer ressourcenbewussten Bauweise zunehmend an Bedeutung. Nachhaltigkeit betrifft im Bauwesen, wie auch in anderen Sektoren, nicht ausschließlich die ökologische Dimension, sondern berührt ebenso ökonomische und soziokulturelle Faktoren. Hierbei basiert das Konzept des nachhaltigen Bauens auf einer ganzheitlichen Betrachtung der ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen auf Menschen und Natur.⁵⁴

Nachhaltiges Bauen erstreckt sich über sämtliche Lebensphasen eines Bauwerks, von der Planung über die Herstellung bis zur Nutzung und schließlich bis zur Demontage. Um ein Gebäude tatsächlich nachhaltig zu gestalten, zu bauen und zu nutzen, bedarf es einer umfassenden und durchdachten Planung, die von Anfang an alle relevanten Bereiche einbezieht. Eine erfolgreiche Umsetzung ressourceneffizienten Bauens erfordert das Verständnis des Lebenszyklus und somit auch der Wiederverwendbarkeit eines Bau- und Werkstoffes. Mineralische Baustoffe durchlaufen ähnliche Lebensphasen wie das gesamte Bauwerk. Ausgangspunkt ist die Gewinnung als natürlicher Rohstoff, gefolgt von der entsprechenden Aufbereitung für die Verwendung. Während der Nutzungsphase sind sie im Bauwerk gebunden, bevor sie entweder als Rezyklat wiederverwendet oder als Abfall entsorgt werden.⁵⁵

Die Nachhaltigkeit eines Bauwerks kann am effizientesten und kostengünstigsten in der Planungsphase beeinflusst werden. Aspekte wie die Wahl der Konstruktionsart, die Auswahl der Baumaterialien, die Ausgestaltung der Gebäudehülle, die Analyse des Standortes und des Klimas sowie die Betrachtung der Rückbaubarkeit eines Bauwerkes tragen maßgeblich dazu bei, die Planungsphase nachhaltig zu realisieren.⁵⁶

Durch die Optimierung des Planungsprozesses und -inhalts kann simultan eine kosteneffizientere und qualitativ hochwertigere Herstellung gewährleistet werden. Neben der Planung und Fertigung spielt auch der Betrieb des Gebäudes eine entscheidende Rolle im Kontext nachhaltigen Bauens. Hierbei sind Aspekte wie der Energie- oder Wasserverbrauch während des Gebäudebetriebs zu berücksichtigen.⁵⁷ Nach der Nutzungsphase tritt die Nachnutzungsphase des Bauwerks ein. Analog zum Lebenszyklus eines Baustoffs stehen in der Nachnutzungsphase zwei alternative Szenarien zur Verfügung. Einerseits kann ein Bauwerk durch Umbau oder Sanierung

⁵⁴ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 1.

⁵⁵ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 1.

⁵⁶ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 1.

⁵⁷ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 2.

weiter genutzt werden. Andererseits besteht die Option des Abrisses und somit der vollständigen Stilllegung.⁵⁸

Werner Sobek betont, dass die „End of Life“ - Phase respektive die Rückbaufähigkeit eines Bauobjektes in den meisten Fällen bei der Planung und dem Bau nicht ausreichend Beachtung findet:

„Das sogenannte „End of Life Management“ muss aber integraler Bestandteil der Planung sein, um tatsächlich nachhaltig bauen zu können. Die Kosten für Abbruch und Entsorgung eines Gebäudes werden aufgrund des stetig steigenden Ressourcenverbrauchs in Zukunft wesentlich höher sein als heute. Das intelligente Management von Stoffströmen und die rechtzeitige Entwicklung von Konzepten für die Verwertung oder Verwendung von rückzubauenden Gebäudebestandteilen ist essenziell.“⁵⁹

Angesichts des festgestellten Entsorgungsproblems in Hessen gewinnt die Nachnutzungsphase von Bauwerken an erheblicher Bedeutung. Wie bereits erwähnt, ergeben sich grundsätzlich zwei Möglichkeiten für die „End of Life“ - Phase: die Beseitigung auf einer Deponie oder die Verwertung durch Recycling oder Wiederverwendung. Aufgrund der zunehmenden Beschränkungen für die Deponierung gewinnt die Thematik der Verwertung in naher Zukunft eine wichtige Rolle. Der Ausbau der Kreislaufwirtschaft wird als eine notwendige Maßnahme betrachtet, um Ressourcen zu schützen und zu schonen. Allerdings gestaltet sich dies oftmals problematisch, da das Konzept der Nachhaltigkeit und damit auch das Verständnis für nachhaltiges Bauen vergleichsweise jung sind. Wie Kapitel 2.2 verdeutlicht, kann erst seit Beginn des 21. Jahrhunderts von einer verstärkten Ausrichtung auf Nachhaltigkeit gesprochen werden.

In Bauwerken, die abgebrochen oder Böden, die ausgehoben werden, sind daher häufig Altlasten aus den industriellen Phasen und dem wirtschaftlichen Aufschwung der Nachkriegsjahre zu finden. In diesen Jahren war das Thema des nachhaltigen Bauens nicht von Bedeutung und führt dazu, dass die Anwendung der Kreislaufwirtschaft in der Gegenwart erheblich erschwert wird, da Materialien aufgrund ihrer Schadstoffbelastung nicht wiederverwendet werden können. Um den Herausforderungen der Endphase eines Bauwerkes effektiver begegnen zu können, ist die frühzeitige Integration nachhaltiger Bauprinzipien und ein Kreislaufdenken ab der Planungsphase sehr wichtig. Dabei erhalten die Kriterien „niedriger Rohstoff- und Energieverbrauch“, „hohe Lebensdauer“ und „Rückführbarkeit“ den gleichen Stellenwert wie die Aspekte „Zweckerfüllung“, „Optik“ oder „Preis“. Baustoffe sollen den Zyklus aus Herstellung, Nutzung und Wiederverwendung mehrmals durchlaufen.⁶⁰

⁵⁸ Vgl. (Bauer, et al., 2011), S. 2.

⁵⁹ (Bauer, et al., 2011), S. 2.

⁶⁰ Vgl. (Kranert, 2017), S. 56.

Um Materialien möglichst lange im Verwendungskreislauf zu halten und somit einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen zu fördern, ist die Implementierung einer sogenannten Kaskadennutzung von entscheidender Bedeutung. Dieser Ansatz beinhaltet eine gezielte und effiziente Nutzung von primär gewonnenen Rohstoffen. In einem ersten Schritt werden diese Materialien jener Nutzung zugeführt, die die höchsten Anforderungen an ihren Reinheitsgrad stellt. Dies könnte beispielsweise die Verwendung in hochwertigen Bauprodukten oder technologischen Anwendungen sein, bei denen die Qualität und Reinheit der Rohstoffe von größter Bedeutung sind. Mit abnehmender Qualität im Verlauf der Nutzungsdauer erfolgt eine gezielte Zuordnung zu den nächsthöheren Stufen innerhalb der Nutzungshierarchie. Dadurch wird gewährleistet, dass die Materialien in verschiedenen Anwendungen genutzt werden, bevor sie durch ihre Qualitätseigenschaften für bestimmte Verwendungen nicht mehr geeignet sind. Diese Strategie trägt dazu bei, den Gesamtnutzen der Ressourcen zu maximieren und den Einsatz neuer Rohstoffe zu minimieren.⁶¹

Bei der Beurteilung der Funktionalität der Kreislaufwirtschaft spielt nicht allein die Anzahl der in den Aufbereitungsprozess eingespeisten Materialien eine entscheidende Rolle. Es bedarf vielmehr einer differenzierten Betrachtung, die einerseits den Anteil an Materialien berücksichtigt, welche nach dem Aufbereitungsprozess für den erneuten Einsatz zur Verfügung stehen. Dieser Aspekt ermöglicht eine Einschätzung der Effizienz und Wirksamkeit des Kreislaufsystems, indem er aufzeigt, wie erfolgreich Materialien nach ihrer Verwendung wiederaufbereitet werden können. Andererseits ist es bedeutsam, in welchem Umfang die Kreislaufwirtschaft dazu beiträgt, Primärmaterial zu substituieren. Eine effektive Reduzierung des Einsatzes neuer Rohstoffe in Verbindung mit der Verwertung von wiederaufbereiteten Materialien stellt die zentrale Zielsetzung der Kreislaufwirtschaft und der Nachhaltigkeit im Bauwesen dar.⁶²

Das maßgebliche Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und somit auch zur Unterstützung einer nachhaltigeren Bauweise ist das Kreislaufwirtschaftsgesetz. Dieses Gesetz bildet das rechtliche Rückgrat für die Implementierung und Weiterentwicklung von Kreislaufwirtschaftsprinzipien in Deutschland. Es legt klare Richtlinien und Maßnahmen fest, die darauf abzielen, die Effizienz im Umgang mit Ressourcen zu steigern und Abfälle so weit wie möglich zu vermeiden.

Ein weiteres bedeutendes Regelwerk, das zur Umsetzung einer nachhaltigeren Bauweise beiträgt, ist die am 01.08.2023 in Kraft getretene Ersatzbaustoffverordnung. Diese Verordnung hat das Ziel, die Verwendung von Ersatzbaustoffen zu regulieren und zu fördern. Ersatzbaustoffe sind Materialien, die aus Recycling- oder Aufberei-

⁶¹ Vgl. (Kranert, 2017), S. 56.

⁶² Vgl. (Kranert, 2017), S. 60.

tungsprozessen stammen und als Ersatz für Primärrohstoffe in Bauprojekten eingesetzt werden können.

Neben dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und der Ersatzbaustoffverordnung spielt auch die Deponieverordnung eine entscheidende Rolle bei der Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub. Im folgenden Abschnitt der Studienarbeit werden diese Regelwerke näher erläutert, um ihre Auswirkungen auf die Entsorgung von ungefährlichen Bau- und Abbruchabfällen sowie ihre Bedeutung für eine nachhaltige und ressourcenschonende Praxis zu ermitteln.

2.5 Gesetze und Verordnungen

Die ordnungsgemäße Handhabung und Entsorgung von Bauabfällen, zu denen Bauschutt und Erdaushub gehören, manifestiert sich als unentbehrlicher Bestandteil jedes Bauprojekts. Um eine nachhaltige Bauwirtschaft zu gewährleisten, sind nicht nur umweltverträgliche Praktiken von höchster Relevanz, sondern auch die strikte Einhaltung gesetzlicher Vorgaben. Neben dem Kreislaufwirtschaftsgesetz und der Ersatzbaustoffverordnung sind zahlreiche weitere Gesetze und Verordnungen von Bedeutung, die beim Umgang mit Bauabfällen zu berücksichtigen sind. Die beigefügte Abbildung 4 verschafft einen Überblick über die gegenwärtigen rechtlichen Rahmenbedingungen und ihre spezifischen Anwendungsbereiche. Ziel dieser Abbildung ist es zu verdeutlichen, dass neben den in dieser Studienarbeit präsentierten Gesetzen und Verordnungen zusätzliche rechtliche Rahmenvorgaben existieren.

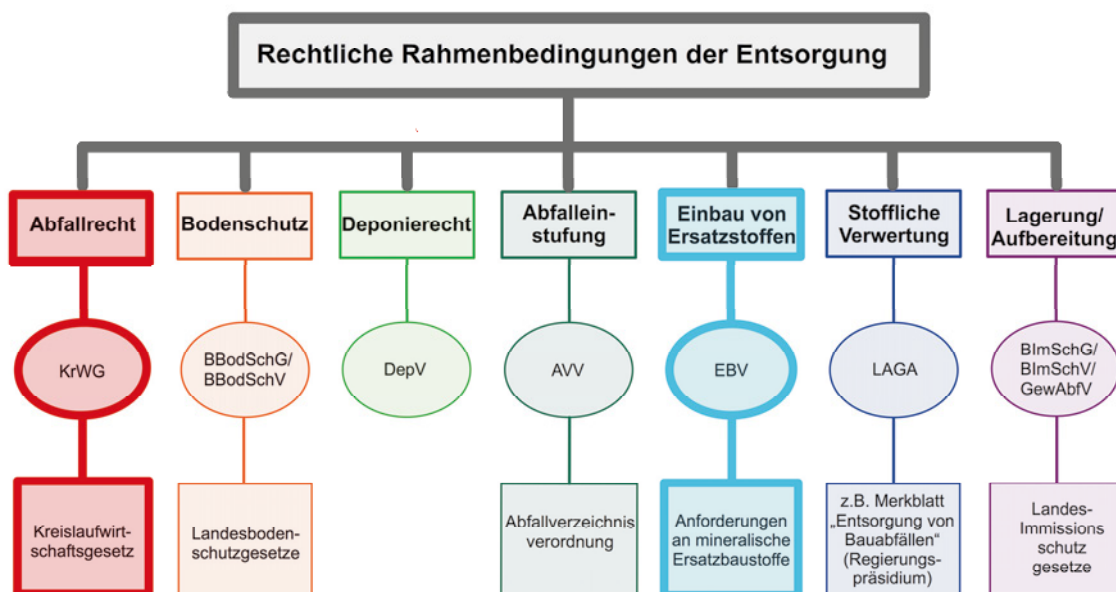


Abbildung 4 Rechtliche Rahmenbedingungen bei der Entsorgung [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Braun, 2019), 17.03.2024]

2.5.1 Kreislaufwirtschaftsgesetz

Das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) bildet das zentrale rechtliche Instrument in Deutschland zur Förderung einer nachhaltigen und ressourceneffizienten Bewirtschaftung von Abfällen. In seiner heutigen Form in Kraft getreten im Jahr 2012, löste das Kreislaufwirtschaftsgesetz das Abfallwirtschaftsgesetz ab und setzte einen klaren Fokus auf die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft. Ziel des Gesetzes ist es, den Verbrauch von Rohstoffen zu reduzieren, Abfälle zu vermeiden und eine umweltschonende Verwertung zu fördern. Seine Wurzeln hat das Gesetz in der Europäischen Union, genauer gesagt in der Abfallrahmenrichtlinie (2008/98/EG).⁶³ Die Abfallrahmenrichtlinie von 2008 legte die Grundlage für eine stärkere Betonung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft. Sie forderte die Mitgliedstaaten auf nationale Strategien zu entwickeln, um die Vermeidung von Abfällen zu fördern, die Verwertung zu steigern und die Deponierung von Abfällen zu reduzieren. Dieser EU-Richtlinienrahmen diente als Impulsgeber für die Weiterentwicklung des nationalen Rechts. Durch diese Anpassung an die europäische Gesetzgebung leistete Deutschland einen Beitrag zur Harmonisierung der Abfallwirtschaftsregelungen innerhalb der Europäischen Union. Das Kreislaufwirtschaftsgesetz ist somit nicht nur eine nationale Reaktion auf die Herausforderungen der Abfallwirtschaft, sondern auch ein Beitrag zur Umsetzung gemeinsamer Ziele auf europäischer Ebene.⁶⁴

Zur Einführung und zum Verständnis der gesetzlichen Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sind zu Beginn wichtige Begriffe erklärungsbedürftig. Zunächst gilt zu erläutern, weshalb Bauschutt oder auch Erdaushub unter den Geltungsbereich dieses Gesetzes fallen und als Abfall bezeichnet werden. Gemäß § 3 Absatz 1 Satz 1 KrWG sind Abfälle „alle Stoffe oder Gegenstände, derer sich ihr Besitzer entledigt, entledigen will oder entledigen muss. [...]“. Im gesetzlichen Kontext wird ein Stoff oder Gegenstand immer dann zu Abfall, wenn ein Entledigungswille anzunehmen ist. Wichtig ist hierbei, dass dies unabhängig vom Zustand oder auch von dem Belastungsgrad eines Stoffes gilt. Ein Entledigungswille ist immer dann anzunehmen, „wenn der Besitzer den Stoff oder Gegenstand einer Verwertung oder einer Beseitigung im Sinne des KrWG zuführt oder deren ursprüngliche Zweckbestimmung entfällt beziehungsweise aufgegeben wird.“⁶⁵

In diesem Zusammenhang sind insbesondere die nachfolgenden Ausnahmeregelungen für Bauabfälle von Relevanz. Gemäß § 2 Absatz 2 Satz 11 KrWG wird „nicht kontaminiertes Bodenmaterial, das im Rahmen von Bauarbeiten ausgehoben wurde und in seinem natürlichen Zustand am Ort seiner Entstehung für Bauzwecke wiederverwendet

⁶³ Vgl. (Kranert, 2017), S. 23.

⁶⁴ Vgl. (Kranert, 2017), S. 24

⁶⁵ (§ 3 Absatz 2 Satz 1 KrWG)

wird" von den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes ausgenommen. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Begriff „Abfall" und somit auch das dazugehörige Abfallrecht auf belasteten Bauschutt, kontaminiertes Bodenmaterial sowie sämtliche Materialien, die an einen anderen Ort transportiert werden, Anwendung finden. Sofern beispielsweise Bodenmaterial nicht kontaminiert ist und für die Geländemodellierung auf der Baustelle verwendet werden kann, erlangt es nicht den Status eines Abfalls. Erst durch den Entledigungswillen und das Verlassen der Baustelle wird das Material zu Abfall. Gemäß § 5 Absatz 1 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes findet die Beendigung der Abfalleigenschaft eines Stoffes oder Gegenstandes statt, sobald dieser erfolgreich einem Verwertungsverfahren unterzogen wurde und in einer Weise beschaffen ist, die folgende Kriterien erfüllt:

1. *Gewährleistung, dass der Stoff oder Gegenstand für spezifische Zwecke eingesetzt werden kann,*
2. *Vorhandensein eines Marktes für ihn oder eine entsprechende Nachfrage nach ihm,*
3. *Erfüllung sämtlicher technischer Anforderungen, die für seine jeweilige Zweckbestimmung gelten, sowie*
4. *Gewährleistung, dass seine Verwendung keinerlei schädliche Auswirkungen auf Mensch oder Umwelt hat.*⁶⁶

Sofern ein Abfall nicht verwertet, sondern beseitigt wird, gilt der Grundsatz: „einmal Abfall – immer Abfall“.⁶⁷

Im Rahmen dieses Gesetzes lässt sich der Begriff „Entsorgung" unterteilen in Verwertung und Beseitigung. Verwertung ist nach § 3 Absatz 23 Satz 1 KrWG „jedes Verfahren, als dessen Hauptergebnis die Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie entweder andere Materialien ersetzen, die sonst zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären oder indem die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen.“ Exemplarische Verwertungsmaßnahmen umfassen die Verfüllung von über-tägigen Abbaustätten, den Bau von Deponien, Rekultivierungsmaßnahmen, diverse Recyclingverfahren sowie die Aufbereitung von Bauschutt. Eine Beseitigung im Sinne des Gesetzes ist nach § 3 Absatz 26 Satz 1 KrWG „jedes Verfahren, das keine Verwertung ist, auch wenn das Verfahren zur Nebenfolge hat, dass Stoffe oder Energie zurückgewonnen werden.“ Der Schwerpunkt einer Beseitigung liegt vor allem in der Entledigung von Abfällen auf einer Deponie.

Als Grundpflicht im Umgang mit Abfällen gilt die ordnungsgemäße und schadlose Entsorgung. Eine Entsorgung gilt als ordnungsgemäß, wenn sie in Übereinstimmung

⁶⁶ (§ 5 Absatz 1 KrWG)

⁶⁷ Vgl. (Freund, et al., 2012), S. 11

mit den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und anderer öffentlich-rechtlicher Vorschriften erfolgt. Eine schadlose Entsorgung liegt vor, wenn unter Berücksichtigung der Beschaffenheit der Abfälle, dem Grad der Verunreinigung sowie der Art der Verwertung keine Beeinträchtigung des Gemeinwohls zu erwarten ist. Diese Grundpflichten der Kreislaufwirtschaft werden in § 7 Absatz 3 Satz 1-3 KrWG geregelt.

§ 7 Absatz 2 Satz 1 KrWG definiert außerdem, dass die Einhaltung dieser Grundpflichten den Besitzern und Erzeugern von Abfällen obliegt. Ein Besitzer von Abfällen ist gemäß § 3 Absatz 9 Satz 1 KrWG jede natürliche oder juristische Person, die die tatsächliche Sachherrschaft über die Abfälle ausübt. Der Erzeuger von Abfällen ist nach § 3 Absatz 9 Satz 1 KrWG jede natürliche oder juristische Person, durch deren Tätigkeit Abfälle entstehen. Dies umfasst auch den sogenannten Ersterzeuger. In Bezug auf die Thematik der Bau- und Abbruchabfälle lässt sich die abfallrechtliche Verantwortung unterschiedlicher Akteure auf Baustellen wie folgt darlegen: Der Eigentümer des Grundstücks beziehungsweise der Bauherr äußert den Wunsch nach der Durchführung einer Baumaßnahme, beispielsweise dem Abriss eines Einfamilienhauses. Durch seinen Wunsch und die Beauftragung eines spezialisierten Abrissunternehmens entstehen dementsprechend Abfälle in Form von Bauschutt. Der Bauherr fungiert somit als Ersterzeuger der anfallenden Abbruchabfälle. Da das Abrissunternehmen mittels der eingesetzten Maschinen die Materialien abbricht und bewegt, obliegt ihm die Sachherrschaft beziehungsweise die tatsächliche Verfügungsgewalt, wodurch es als Besitzer des Bauschutts fungiert.

Verlädt das Abrissunternehmen die Abbruchabfälle auf die Lastkraftwagen eines externen Transportunternehmens, so ändert sich damit auch die rechtliche Verantwortlichkeit. Ab diesem Zeitpunkt verliert das Abrissunternehmen nämlich die Verfügungsgewalt über den Bauschutt und ist folglich auch abfallrechtlich nicht länger verantwortlich. Das Transportunternehmen wird nun gemäß dem Kreislaufwirtschaftsgesetz der Abfallbesitzer. Bis die Abfälle ihr Abfallende erreichen, bleibt jedoch der Grundstückseigentümer oder der Bauherr weiterhin als Abfallerzeuger verantwortlich. Die Übertragung des Abfallbesitzes erfolgt durch entsprechende Entsorgungsverträge, wobei die Haftung des ursprünglichen Abfallerzeugers fortbesteht.

Im zweiten Abschnitt des Kreislaufwirtschaftsgesetzes werden die Prinzipien und Verpflichtungen von Abfallerzeugern und -besitzern dargelegt. Ein zentraler Fokus liegt hierbei auf der in § 6 Absatz 1 definierten fünfstufigen Abfallhierarchie, die erst seit dem Jahr 2012 in Kraft ist. Diese neu eingeführte Abfallhierarchie hat die bereits bestehende Zielhierarchie „Vermeidung – Verwertung – Beseitigung“ weiter abgestuft. Gemäß dieser neuen Regelung gilt nun die folgende Reihenfolge im Umgang mit Abfällen.

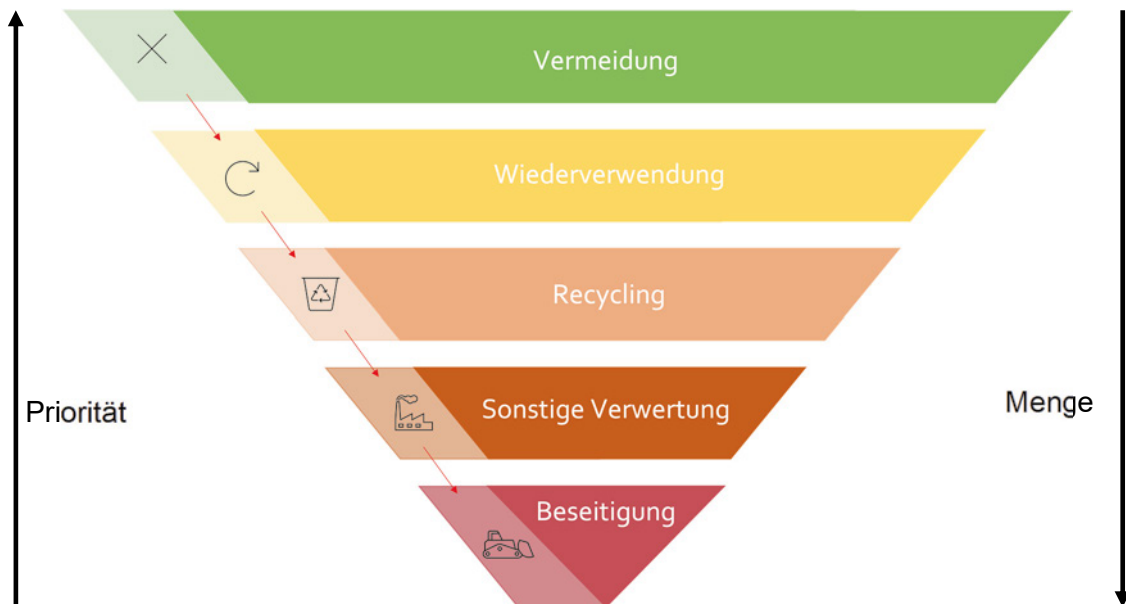


Abbildung 5 Abfallhierarchie gemäß § 6 Absatz 1 KrWG (Hammerl, 2023)

Die im Kreislaufwirtschaftsgesetz festgeschriebene Abfallhierarchie kann gleichzeitig als Form der Kaskadennutzung interpretiert werden. Unter Kaskadennutzung oder Mehrfachnutzung versteht sich die schrittweise Wiederverwendung eines Rohstoffs über mehrere Ebenen. Ziel der Kaskaden ist es, eine besonders nachhaltige und effiziente Nutzung zu ermöglichen sowie den Einsatz von Rohstoffen zu minimieren. Dabei sollen Rohstoffe oder daraus hergestellte Produkte in aufeinanderfolgenden Phasen so lange, so häufig und so effizient wie möglich stofflich genutzt werden, bevor sie am Ende des Produktlebenszyklus verwertet werden.⁶⁸

Das übergeordnete Ziel der Abfallhierarchie besteht folglich darin, den Einsatz von Rohstoffen durch eine hochwertige Verwertung zu optimieren. Daher hat die Vermeidung von Abfällen höchste Priorität, gefolgt von der Vorbereitung zur Wiederverwendung, bei der Produkte oder Komponenten so aufbereitet werden, dass sie erneut genutzt werden können. Falls dies nicht möglich ist, folgt das Recycling, dann die Verwertung, wobei die Entsorgung durch Deponierung den Schlusspunkt der Abfallhierarchie bildet.⁶⁹

Aufbauend auf der definierten Rangfolge für den Umgang mit Abfällen ergänzt das Kreislaufwirtschaftsgesetz in § 6 Absatz 2 Satz 1 weiterhin, dass jene Maßnahmen der Abfallbewirtschaftung Vorrang haben, die den Schutz von Menschen und Umwelt am besten gewährleisten. Für die Betrachtung der Auswirkungen auf Menschen und Umwelt sind Aspekte wie die zu erwartenden Emissionen, das Maß der Schonung natürlicher Ressourcen, die einzusetzende Energie oder die Anreicherung von Schadstoffen in anderen Materialien beachtenswert.

⁶⁸ Vgl. (Kranert, 2017), S. 56.

⁶⁹ Vgl. (Kranert, 2017), S. 56.

In einer Beschlussempfehlung des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit zum Gesetzesentwurf zur Neuordnung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes am 26. Oktober 2011 wird erläutert, dass das vom deutschen Bundestag beschlossene Gesetz einen zentralen Bereich des Umweltrechtes neugestalten wird. Die Abfallwirtschaft soll ökologisch fortentwickelt und letztlich zu einer Rohstoffwirtschaft werden. Vor dem Hintergrund der globalen Rohstoffknappheit komme der Abfallwirtschaft eine immer stärkere Bedeutung als Lieferant von Rohstoffen zu.⁷⁰

Die Autoren erklären zum Erlass des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, dass „mit dem Ausbau der Kreislaufwirtschaft ein entsprechender Rückgang der zu beseitigenden Abfallmenge einher geht. Das Idealziel besteht letztendlich darin, Verbrennungskapazitäten verringern zu können und Deponien weitestgehend entbehrlich zu machen.“⁷¹

Basierend auf dieser Aussage wird deutlich, dass die Einführung des Kreislaufwirtschaftsgesetzes in seiner aktuellen Form und die darin verankerte Abfallhierarchie den Ausgangspunkt für die Verringerung von Deponien bildet. Gleichzeitig wird in der Beschlussempfehlung zum Kreislaufwirtschaftsgesetz aus dem Jahr 2012 darauf hingewiesen, dass zusätzliche Verordnungen erlassen werden sollen. Diese sollen durch ökologisch hochwertige, ökonomisch tragfähige, rechtssichere und zugleich möglichst unbürokratische Vorgaben den flächendeckenden und einheitlichen Ausbau des Recyclings von Abfällen nachhaltig fördern.⁷² Genau diesem Ziel dient die am 01.08.2023 in Kraft getretene Ersatzbaustoffverordnung für Bau- und Abbruchabfälle, die elf Jahre nach der genannten Empfehlung realisiert wurde.

2.5.2 Ersatzbaustoffverordnung

„Die Ersatzbaustoffverordnung und die novellierte Bundesbodenschutzverordnung werden das Recycling von Bau- und Abbruchmaterialien und die Verwertung von Bodenmaterial prägen.“ (Dihlmann & Susset, 2022)

Die Ersatzbaustoffverordnung ist eine rechtliche Regelung, die am 1. August 2023 in Kraft getreten ist und Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technischen Bauwerken festlegt. Ihr Ursprung liegt in einer Protokollklärung während der Umweltministerkonferenz 2004, in der mehrere Bundesländer den Bund aufforderten, eine Verordnung zur stofflichen Verwertung mineralischer Abfälle zu entwickeln.⁷³ Die Bauindustrie forderte eine bundeseinheitliche Regelung, welche auf den Baustellen praktisch und einfach umzusetzen ist. Im Jahr 2017 wurde die Einführung

⁷⁰ Vgl. (Bulling-Schröter, et al., 2011), S. 11.

⁷¹ (Bulling-Schröter, et al., 2011), S. 14.

⁷² Vgl. (Bulling-Schröter, et al., 2011), S. 14.

⁷³ Vgl. (Freise, 2021), S. 4.

dieser Verordnung als Teil der Mantelverordnung erstmals vom Bundeskabinett beschlossen. Die endgültige Zustimmung zur Mantelverordnung erfolgte am 10. Juni 2021 und wurde am 25. Juni 2021 vom Bundesrat verabschiedet. Neben der Ersatzbaustoffverordnung umfasst die Mantelverordnung eine Neufassung der Bundesbodenschutzverordnung sowie Änderungen an der Gewerbeabfallverordnung und der Deponieverordnung.⁷⁴ Nach dem Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung sind in der Bauindustrie bereits kritische Stimmen laut geworden. Insbesondere wird bemängelt, dass die Verordnung als zu komplex empfunden werde und mehr Bürokratie schaffe, anstatt sie abzubauen: „Die ursprüngliche Forderung nach praktischen Regelungen wurde in der beschlossenen Form nicht erfüllt.“⁷⁵

Die Ersatzbaustoffverordnung verfolgt das Ziel, die nachhaltige Nutzung mineralischer Ersatzbaustoffe in Bauprojekten zu fördern, die Kreislaufwirtschaft anzukurbeln und dabei die entsprechenden Qualitäts- und Umweltstandards sicherzustellen. Im Unterschied zu Verwaltungsvorschriften gilt diese Verordnung unmittelbar für jeden. Bestehende Landesregelungen bezüglich Bauschuttrecycling und Bodenverwertung, wie etwa die Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft „LAGA M20“ oder die hessische Verfüllrichtlinie, wurden durch die Ersatzbaustoffverordnung und die überarbeitete Bundesbodenschutzverordnung auf bundeseinheitliche, rechtsübergreifende (Abfall-, Wasser- und Bodenschutzrecht) und rechtsverbindliche Weise abgelöst.⁷⁶

Zur Einführung in die Bestimmungen der Verordnungen gilt es zunächst, wesentliche Begriffe und den Anwendungsbereich zu präzisieren. Die Ersatzbaustoffverordnung trägt den Titel „Verordnung über Anforderungen an den Einbau von mineralischen Ersatzbaustoffen in technische Bauwerke“. Ausgehend von dieser Bezeichnung sind die Begriffe „mineralischer Ersatzbaustoff“ und „technisches Bauwerk“ gemäß dem Verständnis der Verordnung zunächst zu konkretisieren.

Gemäß § 2 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV ist ein Ersatzbaustoff, ein mineralischer Baustoff, der

a) als Abfall oder als Nebenprodukt

aa) in Aufbereitungsanlagen hergestellt wird oder

bb) bei Baumaßnahmen, beispielsweise Rückbau, Abriss, Umbau, Ausbau, Neubau und Erhaltung anfällt,

b) unmittelbar oder nach Aufbereitung für den Einbau in ein technisches Bauwerk geeignet und bestimmt ist und

⁷⁴ Vgl. (Freise, 2021), S. 4.

⁷⁵ (Dihlmann & Susset, 2022), Vorwort S. V, Absatz 2.

⁷⁶ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), Vorwort S. V.

*c) unmittelbar oder nach Aufbereitung unter die in den Nummern 18 bis 33 bezeichneten Stoffe fällt;*⁷⁷

Nach der Definition des Abfallbegriffs gemäß Kapitel 2.5.1 gilt Bauschutt und Erdaushub unter den genannten Bedingungen als Abfall und kann im Kontext der Ersatzbaustoffverordnung als mineralischer Ersatzbaustoff fungieren.⁷⁸ Des Weiteren erfolgt in § 2 Absatz 33 der Ersatzbaustoffverordnung eine ausdrückliche Erwähnung des Erdaushubs als Bodenmaterial im Sinne der Bundes-Bodenschutz-Verordnung. Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass Bauschutt oder Erdaushub unmittelbar oder erst nach Aufbereitung als mineralischer Ersatzbaustoff bezeichnet und verwendet werden darf und unter bestimmten Bedingungen für den Einbau in ein technisches Bauwerk geeignet ist.

Der Begriff des technischen Bauwerkes wird in der Verordnung unter § 2 Absatz 3 Satz 1 definiert als „jede mit dem Boden verbundene Anlage oder Einrichtung, die nach einer Einbauweise der Anlage 2 oder 3 errichtet wird.“ Hierzu gehören beispielsweise Straßen, Wege, Parkplätze, Baustraßen, Leitungsgräben, Baugruben, Hinterfüllungen von Erdbaumaßnahmen, Lärm- und Schutzwälle oder auch Schienenverkehrswege. Auf den Kern reduziert zielt die Ersatzbaustoffverordnung darauf ab, Materialien wie Bauschutt oder Erdaushub, die rechtlich als Abfall klassifiziert werden, in mineralische Ersatzbaustoffe umzuwandeln und diese an anderer Stelle in einem technischen Bauwerk, beispielsweise in einer Baugrube, zur Wiederverwendung einzusetzen. Ihre Funktion als rechtliches Regelwerk erstreckt sich dabei über den gesamten Zyklus der Bauabfallbewältigung. Angefangen beim Anfall der Bauabfälle, umfasst ihr Anwendungsbereich die Beprobung und die systematische Kategorisierung in unterschiedliche Materialklassen. Diese Klassifizierung bildet die Grundlage für die Aufbereitung und Herstellung eines mineralischen Ersatzbaustoffs. Dieser aufbereitete Ersatzbaustoff findet anschließend seine Verwendung beim Einbau in ein technisches Bauwerk.

§ 1 Absatz 1 Satz 1 der Ersatzbaustoffverordnung definiert den Anwendungsbereich der Verordnung auf die folgenden vier Felder:

1. *Anforderungen an die Probenahme und Untersuchung von nicht aufbereitetem Bodenmaterial, das ausgehoben oder abgeschoben werden soll,*
2. *Anforderungen an die Herstellung mineralischer Ersatzbaustoffe in mobilen und stationären Anlagen,*
3. *das Inverkehrbringen von mineralischen Ersatzbaustoffen,*
4. *Anforderungen an den Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe in technische Bauwerke.*⁷⁹

⁷⁷ (§ 2 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV)

⁷⁸ Vgl. (§ 2 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV), a), aa), bb).

⁷⁹ (§ 1 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV)

Um ein besseres Verständnis zu ermöglichen, erfolgt im anschließenden Abschnitt dieses Kapitels eine tiefere Erläuterung der Verordnung anhand der zuvor beschriebenen Anwendungsbereiche. Der Fokus dieser Erläuterung liegt auf der detaillierten Beschreibung der Verordnung im Umgang mit Bauschutt und Erdaushub. Stoffe wie Hüttensand, Hausmüllverbrennungssasche, Braunkohleflugasche und andere, die in der Ersatzbaustoffverordnung Erwähnung finden, werden in dieser Masterarbeit, welche sich auf Bauschutt und Erdaushub konzentriert, nicht weiter vertieft.

Im folgenden Abschnitt dieses Kapitels werden die Zusammenhänge im Hinblick auf die Untersuchung und Kategorisierung von Bodenmaterial und Bauschutt erläutert. Um die Kohärenz und Verständlichkeit des Kapitels zu verbessern, wird ausschließlich das Verfahren für den Aushub von Bodenmaterial beschrieben. Die Anwendung der Ersatzbaustoffverordnung auf Bauschutt oder andere Abbruchabfälle erfolgt analog.

Grundlegend ist festzustellen, dass die Erzeuger und Besitzer unmittelbar nach dem Aushub von Bodenmaterial dazu verpflichtet sind, die Materialien auf die Parameter zu untersuchen, die zur Bestimmung einer in der Ersatzbaustoffverordnung festgelegten Materialklasse erforderlich sind.⁸⁰ Zu diesem Zweck wird eine Probe des ausgehobenen Bodens in einem Untersuchungslabor analysiert. Diese Analyse erfolgt sowohl in Form einer Feststoffuntersuchung als auch in einer Untersuchung des Eluats.⁸¹ Das Eluat stellt hierbei eine wässrige Lösung dar, die durch eine im Labor durchgeführte Auslaugung gewonnen wird. Im Unterschied zu den bisherigen Untersuchungsmethoden gemäß LAGA M20 legt die Ersatzbaustoffverordnung ein Wasser-zu-Feststoffverhältnis von zwei zu eins für die Untersuchung des Elutionsverhaltens zugrunde.⁸² Bisherige Verfahren gemäß LAGA M20 untersuchten das Elutionsverhalten hingegen bei einem Verhältnis von zehn zu eins.⁸³

Die zu analysierenden Parameter des Bodenaushubs lassen sich in zwei Hauptgruppen einteilen. Die erste Gruppe umfasst die Schwermetalle, die natürliche Bestandteile von Böden und Gesteinen sind und daher in variablen Konzentrationen je nach geographischer Region und geogener Vorbelastung auftreten. Zu diesen Schwermetallen gehören unter anderem Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Thallium.⁸⁴ Die zweite Kategorie umfasst organische Verbindungen wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), organische Chlorverbindungen (PCB), extrahierbare organisch gebundene Halogene (EOX), organischer Kohlenstoff (TOC) sowie allgemein Kohlenwasserstoffe.⁸⁵

⁸⁰ Vgl. (§ 14 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV).

⁸¹ Vgl. (§ 8 Absatz 4 Satz 1 ErsatzbaustoffV).

⁸² Vgl. (§ 9 Absatz 2 Satz 1 ErsatzbaustoffV).

⁸³ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 21.

⁸⁴ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 15.

⁸⁵ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 15.

Nach der Untersuchung der Bodenprobe auf die beschriebenen Parameter im Eluat und im Feststoff können die Materialien anhand festgelegter Grenzwerte für einzelne Materialklassen kategorisiert werden. Die folgende Abbildung 6 veranschaulicht die Parameter sowie die entsprechenden Grenzwerte zur Klassifizierung von Bodenmaterialien gemäß der Ersatzbaustoffverordnung.

Parameter	Dim.	BM-0 BG-0 Sand ²	BM-0 BG-0 Lehm, Schluff ²	BM-0 BG-0 Ton ²	BM-0* BG-0* BG-0* ³
Mineralische Fremdbestandteile	Vol.-%	bis 10	bis 10	bis 10	bis 10
pH-Wert ⁴					
Elektrische Leitfähigkeit ⁴	µS/cm				350
Sulfat	mg/l	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵	250 ⁵
Arsen	mg/kg	10	20	20	20
Arsen	µg/l				8 (13)
Blei	mg/kg	40	70	100	140
Blei	µg/l				23 (43)
Cadmium	mg/kg	0,4	1	1,5	1 ⁶
Cadmium	µg/l				2 (4)
Chrom, gesamt	mg/kg	30	60	100	120
Chrom, gesamt	µg/l				10 (19)
Kupfer	mg/kg	20	40	60	80
Kupfer	µg/l				20 (41)
Nickel	mg/kg	15	50	70	100
Nickel	µg/l				20 (31)
Quecksilber	mg/kg	0,2	0,3	0,3	0,6
Quecksilber ¹²	µg/l				0,1
Thallium	mg/kg	0,5	1,0	1,0	1,0
Thallium ¹²	µg/l				0,2 (0,3)
Zink	mg/kg	60	150	200	300
Zink	µg/l				100 (210)
Gesamter organischer Kohlenstoff	TOC	M%	1 ⁷	1 ⁷	1 ⁷
	Kohlenwasserstoffe ⁸	mg/kg			300 (600)
	Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,3
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe	PAK ₁₅ ⁹	µg/l			0,2
	PAK ₁₆ ¹⁰	mg/kg	3	3	6
	Naphthalin und Methylnaphthaline, gesamt	µg/l			2
Organische Chlorverbindungen	PCB ₆ und PCB-118	mg/kg	0,05	0,05	0,05
	PCB ₆ und PCB-118	µg/l			0,01
Extrahierbare organisch gebundene Halogene	EOX ¹¹	mg/kg	1	1	1

Schwermetalle

Organische Verbindungen

Abbildung 6 Materialwerte für Bodenmaterial und Baggergut

[Eigene Darstellung, in Anlehnung an Anlage 1 Tabelle 3 ErsatzbaustoffV, 04.04.2024]

Die Ersatzbaustoffverordnung definiert für Bodenmaterial und Baggergut sechs Materialklassen: BM-0, BM-0*, BM-F0*, BM-F1, BM-F2 und BM-F3.⁸⁶ Die niedrigste Materialklasse BM-0 wird zudem nach der Bodenart Sand, Lehm-Schluff und Ton weiter unterteilt. Die Zuweisung zu den Materialklassen erfolgt einerseits gemäß den Laborergebnissen und andererseits basierend auf dem Gehalt an mineralischen Fremdbestandteilen.⁸⁷ Die Kennzeichnung des Fremdanteils in der Materialklasse erfolgt durch den Buchstaben „F“. Nachfolgende Abbildung 7 und die anschließende Legende erläutern die Abkürzungen sowie die zugehörigen Materialklassen von Bodenmaterial.

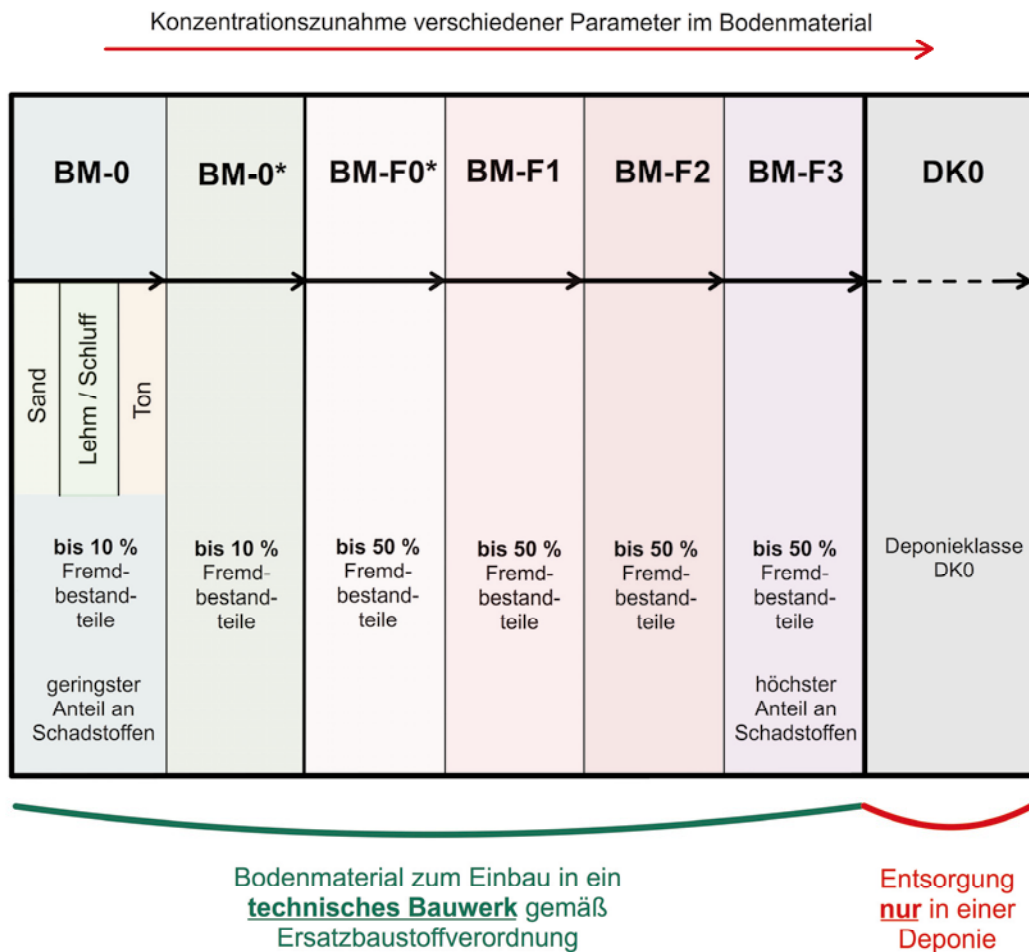


Abbildung 7 Materialklassen für Bodenmaterial BM [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Dihlmann & Susset, 2022), S. 87, Tabelle 3.1 & Anlage 1 Tabelle 3 ErsatzbaustoffV, 04.04.2024]

BM	=	Bodenmaterial
0	}	Einteilung nach der Höhe der Schadstoffkonzentration
0*		
1		
2		
3		
	=	0 = geringste Schadstoffkonzentration
		3 = höchste Schadstoffkonzentration

⁸⁶ Vgl. (§ 16 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV & Anlage 1 Tabelle 3 ErsatzbaustoffV).

⁸⁷ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 84.

Kein F	=	Anteil mineralischer Fremdbestandteile bis 10 Vol.-%
F	=	Anteil mineralischer Fremdbestandteile bis 50 Vol.-% (Fremdbestandteile wie Beton, Ziegel, Keramik, Bauschutt, Straßenaufbruch, Aschen und Schlacken) ⁸⁸

Rückblickend auf die in Abbildung 7 dargestellten Informationen wird deutlich, dass Bodenmaterial für den Einsatz in technischen Bauwerken geeignet ist, sofern die Grenzwerte der Materialklassen BM-0 bis BM-F3 eingehalten werden. Sollten diese Grenzwerte überschritten werden, ist eine Verwertung des Materials nicht mehr möglich und es muss auf einer Deponie beseitigt werden.

Gemäß den ersten Erkenntnissen von Fachleuten sind die Grenzwerte, die in der Ersatzbaustoffverordnung für die Materialklassen festgelegt sind, strenger als diejenigen in vorherigen Verordnungen oder Richtlinien.⁸⁹ Professor Dr. rer. nat. Frank Bär von der Agentur für Bodenaushub in Zwickau erläuterte diese Angelegenheit in einem Vortrag zur Ersatzbaustoffverordnung wie folgt:

„Der Grundsatz zur Verhältnismäßigkeit ist bei den definierten Grenzwerten der einzelnen Materialklassen nicht eingehalten worden.“⁹⁰

Anhand des Grenzwertes für den Parameter Sulfat wird deutlich, dass die Eluatwerte für Bodenmaterial der Materialklasse BM-0 strenger sein müssen als diejenigen für Trinkwasser. Gemäß der Ersatzbaustoffverordnung beträgt die maximale Sulfatkonzentration für die Materialklasse BM-0 250 Milligramm pro Liter. Ein Vergleich dieses Wertes mit typischen Trinkwässern zeigt, dass letztere oft Sulfatkonzentrationen von bis zu 1000 Milligramm pro Liter aufweisen.⁹¹ Im Kontext der Verwendung von Bodenmaterial bedeutet dies, dass das Material für den Einsatz in technischen Bauwerken eine niedrigere Mineralienkonzentration aufweisen muss als Trinkwasser.

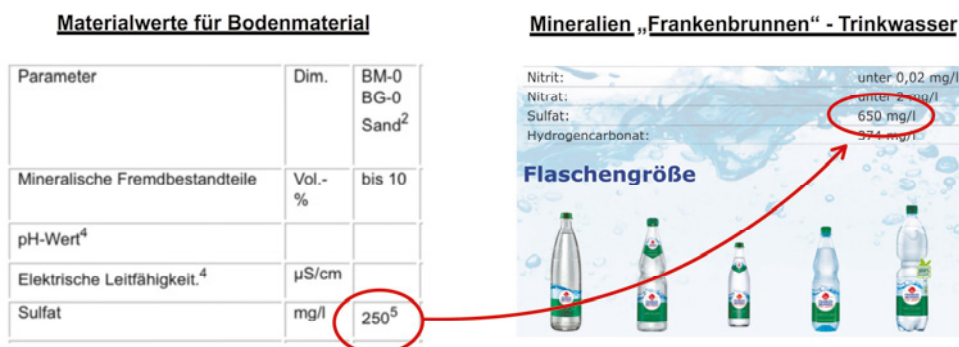


Abbildung 8 Vergleich der Sulfatkonzentrationen
 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an Anlage 1 Tabelle 3 ErsatzbaustoffV, 15.04.2024]

⁸⁸ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 84.

⁸⁹ Vgl. (Bär, 2024), S. 200.

⁹⁰ (Bär, 2024), Vortrag „Die Ersatzbaustoffverordnung aus Sicht eines Praktikers“, S. 200.

⁹¹ Vgl. (Bär, 2024), S. 200.

Nach der Analyse des Bodens und seiner Klassifizierung in eine Materialklasse kann das beprobte Material nun in einem technischen Bauwerk verwendet werden. Die genauen Modalitäten bezüglich des Einbaus des Materials in einem technischen Bauwerk werden ebenfalls durch die Ersatzbaustoffverordnung vorgegeben und im Folgenden näher erläutert.

Gemäß Abschnitt 4 der Ersatzbaustoffverordnung wird grundsätzlich festgelegt, dass der Einbau mineralischer Ersatzbaustoffe oder ihrer Mischungen in technische Bauwerke durch den Bauherrn oder den Anwender nur gestattet ist, sofern keine nachteiligen Auswirkungen auf die Qualität des Grundwassers oder schädliche Veränderungen des Bodens zu befürchten sind.⁹² Dabei geht der Gesetzgeber davon aus, dass diese zentralen Anforderungen zum Schutz des Grundwassers und der umliegenden Bodenstrukturen erfüllt werden, sofern die Einbringung des Materials gemäß den jeweils vorgesehenen Einbauverfahren erfolgt.⁹³

Die Ersatzbaustoffverordnung beinhaltet in ihrer Anlage 2 insgesamt 17 unterschiedliche Einbauweisen für den Straßen-, Wege- und Erdbau. Die Variationen der Einbauweisen manifestieren sich primär in der Beschaffenheit der Deckschicht sowie deren Durchlässigkeit beziehungsweise der Sickerwasserrate. Grundlegend gilt, dass eine geringe Durchlässigkeit der Deckschicht mit einer entsprechend niedrigeren Sickerwasserrate einhergeht, was wiederum das Risiko einer potenziellen Grundwasserverunreinigung mindert. In simpleren Worten bedeutet dies, dass das Bodenmaterial in einem technischen Bauwerk, beispielsweise einem Leitungsgraben, das mit einer bitumenhaltigen Deckschicht versehen ist, eine höhere Schadstoffkonzentration aufweisen darf als in einem Bauwerk ohne eine solche gebundene Deckschicht.

Zur Veranschaulichung des Umgangs mit den Einbauweisen der Ersatzbaustoffverordnung dient ein Beispiel: Angenommen, es liegt eine Beprobung von ausgehobenem Bodenmaterial der Materialklasse BM-0 vor. Dieses Material könnte demnach in einem technischen Bauwerk verwertet werden. Sollte der Bauherr oder Betreiber zeitgleich an einem anderen Standort ein technisches Bauwerk betreuen, welches einer Einbauweise der Ersatzbaustoffverordnung entspricht, könnten die Möglichkeiten zur Verwertung des Bodenmaterials der Materialklasse BM-0 näher untersucht werden. In diesem Szenario soll eine Baugrube verfüllt und anschließend mit einer bitumenhaltigen Deckschicht versehen werden. Diese Vorgehensweise entspricht der Einbauweise vier der Ersatzbaustoffverordnung (s. Abbildung 9). Abhängig von Merkmalen wie der Beschaffenheit der Bodenschicht über dem Grundwasser, dem Abstand zum Grundwasser, der Position innerhalb oder außerhalb von Wasserschutzgebieten sowie der Position

⁹² Vgl. (§ 19 Absatz 1 Satz 1 ErsatzbaustoffV).

⁹³ Vgl. (§ 19 Absatz 2 Satz 1 ErsatzbaustoffV).

innerhalb oder außerhalb von Heilquellenschutzgebieten wird mittels einer Tabelle angegeben, ob die Einbringung des Materials zulässig (+) oder nicht zulässig (-) ist.

Einbauweise 4

Verwendung des mineralischen Ersatzbaustoffes ...

zur Verfüllung von Baugruben unter bitumen- oder hydraulisch gebundener Deckschicht

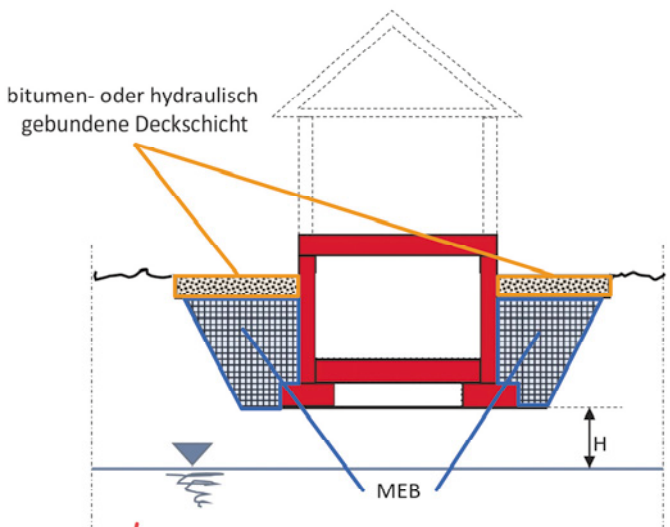


Tabelle 5: Bodenmaterial der Klassen 0* (BM-0*), F0* (BM-F0*) Baggergut der Klassen 0* (BG-0*), F0* (BG-F0*)

Bodenmaterial der Klassen 0* (BM-0*), F0* (BM-F0*) Baggergut der Klassen 0* (BG-0*), F0* (BG-F0*)										
Einbauweise		Eigenschaft der Grundwasserdeckschicht								
		außerhalb von Wasserschutzbereichen			innerhalb von Wasserschutzbereichen					
		ungünstig	günstig		günstig					
			Sand	Lehm, Schluff, Ton	WSG III A		WSG III B		Wasser- vorranggebiete	
					HSG III		HSG IV			
					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	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Bodenmaterial BM-0* zur Verfüllung von Baugruben zulässig !

Abbildung 9 Anwendungsbeispiel Einbauweise 4 - BM-0* [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Dihlmann & Susset, 2022), S. 134 & Anlage 2 Tabelle 5 ErsatzbaustoffV, 04.04.2024]

Zusätzlich zur Abbildung 9 ist anzumerken, dass die beschriebenen Schritte mit umfangreichen Untersuchungs- und Dokumentationspflichten einhergehen. Des Weiteren hat sich herausgestellt, dass die praktische Umsetzung der Ersatzbaustoffverordnung zwei grundlegende Bedingungen erfordert. Zum einen muss Material respektive Abfall vorliegen, welcher die vorgeschriebenen Schadstoffkonzentrationen einhält und als mineralischer Ersatzbaustoff verwendet werden kann. Zum anderen muss eine Baustelle existieren, die den Anforderungen einer spezifischen Einbauweise der Ersatzbaustoffverordnung entspricht und der Einsatz des vorhandenen Abfalls dort zulässig ist. Wie bereits erläutert, gibt es 17 unterschiedliche Einbauweisen. In Kombination mit 27 Einbautabellen, die für die Verwendung mineralischer Ersatzbaustoffe zu prüfen sind, ergeben sich insgesamt 459 verschiedene Einbauszenarien.⁹⁴ Im Vergleich zu den Regelungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall LAGA M20, die lediglich fünf zu unterscheidende Einbauklassen vorsahen, stellt dies eine signifikante Erweiterung dar.⁹⁵

Im Falle, dass mineralische Ersatzbaustoffe trotz Einhaltung einer spezifischen Materialklasse nicht verwertet werden können, ermöglicht die geänderte Fassung von Artikel 3 der Deponieverordnung deren Beseitigung auf Deponien ohne zusätzliche Untersuchungen.⁹⁶ Dies kann beispielsweise dann eintreten, wenn für das untersuchte Material keine Einbaumöglichkeit nach der Ersatzbaustoffverordnung auf dem Markt gefunden wird. Bezogen auf Bodenmaterial dürfen beprobte Abfälle bis zur Materialklasse BM-F3 ohne weitere Prüfung auf Deponien der Klasse DK0 und DK1 abgelagert werden. Erst bei einer Überschreitung der Schadstoffkonzentrationen der Materialklasse BM-F3 ist eine labortechnische Untersuchung erforderlich.⁹⁷ Angesichts der Vielzahl an Einbausituationen, der strengen Grenzwerte und der Voraussetzungen, die mit der praktischen Umsetzung der Ersatzbaustoffverordnung einhergehen, besteht die Vermutung, dass die Beseitigung zukünftig von den Baubeteiligten im Vergleich zur Verwertung in technischen Bauwerken bevorzugt werden könnte.

Zum Abschluss des Kapitels zur Ersatzbaustoffverordnung wird ein kurzer Blick auf die im Zuge der Mantelverordnung novellierte Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) geworfen. Die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung und die Überarbeitung der Bundesbodenschutzverordnung haben bestehende landesrechtliche Regelungen bezüglich der Verwertung von mineralischen Bauabfällen, wie sie beispielsweise in der Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft „LAGA M20“ festgelegt waren, auf bundesweit einheitliche, übergreifende und rechtsverbindliche Weise ersetzt.⁹⁸

⁹⁴ Vgl. (Bär, 2024), S. 240.

⁹⁵ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 17 ff.

⁹⁶ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 72.

⁹⁷ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 72.

⁹⁸ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), Vorwort S. V.

Seitdem unterliegen mineralische Abfälle den Vorschriften der Ersatzbaustoffverordnung für die Probenahme und Verwertung in einem technischen Bauwerk. Bisher wurden erhebliche Mengen Bauschutt und Erdaushub gemäß den Vorgaben der LAGA M20 in ehemaligen Tagebauen, Steinbrüchen oder Verfüllungsstätten landesweit verwertet.⁹⁹ Gemäß der neuen Ersatzbaustoffverordnung werden solche bergbaulichen Anlagen jedoch nicht mehr als technische Bauwerke betrachtet, wodurch sie in den Geltungsbereich der Bundesbodenschutzverordnung für die Verfüllung von Abgrabungen fallen.¹⁰⁰ Tagebaue, die vor dem 16.07.2021 genehmigt wurden, dürfen bis zum 31.07.2031 gemäß den Bestimmungen der LAGA M20 weiterbetrieben werden.¹⁰¹ Nach Ablauf dieser achtjährigen Übergangsfrist am 01.08.2031 gelten die Anforderungen der Bundesbodenschutzverordnung für die Verfüllung von Gruben unterhalb oder außerhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht.¹⁰²

Basierend auf dem aktuellen Entwurf der Bundesbodenschutzverordnung sind lediglich Bodenmaterialien oder Baggergut mit einem mineralischen Fremdanteil von weniger als 10 Volumenprozent für die Einbringung in ehemalige Abbaustätten, Steinbrüche oder Gruben zulässig.¹⁰³ Bezüglich der Materialklassen gemäß der Ersatzbaustoffverordnung bedeutet dies, dass ab dem 01.08.2031 ausschließlich die Materialklassen BM-0 und BM-0* (BG-0 und BG-0* für Baggergut) für die Verwendung in ehemaligen Abbaustätten zugelassen sind. Materialien mit erhöhtem Gehalt an Schwermetallen und organischen Verbindungen müssen hingegen auf Deponien beseitigt werden. Angesichts dieser stark begrenzten Optionen für die Verfüllung prognostizieren Experten eine deutliche Zunahme des Bedarfs an Deponiekapazitäten.¹⁰⁴

⁹⁹ Vgl. Kapitel 3.2.1 bis 3.2.5.

¹⁰⁰ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 97.

¹⁰¹ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 127.

¹⁰² Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 127.

¹⁰³ Vgl. (Dihlmann & Susset, 2022), S. 103.

¹⁰⁴ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 99.

2.5.3 Deponieverordnung

Nachdem die Regelungen bezüglich der Verwertung von Abfällen als mineralischer Ersatzbaustoff gemäß der Ersatzbaustoffverordnung dargelegt wurden, wird die Aufmerksamkeit nun kurz auf die Bestimmungen zur Beseitigung von Abfällen auf Deponien gelenkt. Die Deponieverordnung (DepV) definiert die Richtlinien für die Entsorgung von Materialien, die nicht für eine Verwertung geeignet sind und folglich auf Deponien abgelagert werden müssen. Im Anschluss wird näher auf die Anforderungen und Klassifizierungen von Abfällen gemäß der Deponieverordnung eingegangen, um die theoretischen und rechtlichen Grundlagen für die Bewertung der Entsorgungssicherheit und eine präzise Beantwortung der Forschungsfrage in den folgenden Kapiteln zu legen.

Die Verordnung über Deponien und Langzeitlager regelt die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung und die Nachsorge von Deponien.¹⁰⁵ Im Rahmen dieser Studie liegt der Schwerpunkt vorrangig auf dem Aspekt der Abfallablagerung auf Deponien.

Deponien sind Einrichtungen respektive Bauwerke, die über definierte Ablagerungsbereiche verfügen, in denen Abfälle über einen unbegrenzten Zeitraum abgelagert werden können.¹⁰⁶ Je nach Schadstoffgehalt der abgelagerten Materialien sind unterschiedliche umweltgefährdende Emissionen zu erwarten. Diese Emissionen können beispielsweise die Bildung von schadstoffangereichertem Sickerwasser oder die Freisetzung von Deponiegasen umfassen.¹⁰⁷ Um diese Emissionen zu kontrollieren, werden Barrieren wie Basis- und Oberflächenabdichtungssysteme eingesetzt. Die Qualität und Durchlässigkeit dieser Abdichtungssysteme sind charakteristisch für die Klassifizierung der Deponie sowie für ihre Fähigkeit, Schadstoffe zurückzuhalten.¹⁰⁸ Wie bereits im vorherigen Kapitel erwähnt, gilt auch hier der Grundsatz, je höher die Undurchlässigkeit der Abdichtungssysteme, desto höher die mögliche Schadstoffkonzentration im Abfall der beseitigt wird.¹⁰⁹

Von technischer Perspektive aus unterliegen Deponien in Deutschland gemäß den Vorschriften der Deponieverordnung stets einer strukturierten Ausgestaltung, die sowohl eine Basisabdichtung als auch eine Oberflächenabdichtung einschließt.¹¹⁰ Diese Konstruktion zielt darauf ab, den Abfall vollständig von seiner Umgebung und potenziellen Umwelteinflüssen zu isolieren. Weitere technische Komponenten einer Deponie umfassen Systeme zur Gas- und Sickerwasserabführung.¹¹¹

¹⁰⁵ Vgl. (§ 1 Absatz 1 Satz 1 DepV).

¹⁰⁶ Vgl. (Kranert, 2017), S. 472.

¹⁰⁷ Vgl. (Kranert, 2017), S. 472.

¹⁰⁸ Vgl. (Kranert, 2017), S. 472.

¹⁰⁹ Vgl. Kapitel 2.5.2.

¹¹⁰ Vgl. (Korb, 2023), S. 7.

¹¹¹ Vgl. (Korb, 2023), S. 7.

Die Deponieverordnung klassifiziert Deponien anhand dieser technischen Ausstattungen in fünf Kategorien.¹¹² In Abbildung 10 wird die unterschiedliche Absicherung der verschiedenen Deponieklassen sowohl nach oben als auch nach unten veranschaulicht. Es ist ersichtlich, dass die unterste Deponiekategorie die geringste technische Komplexität aufweist.

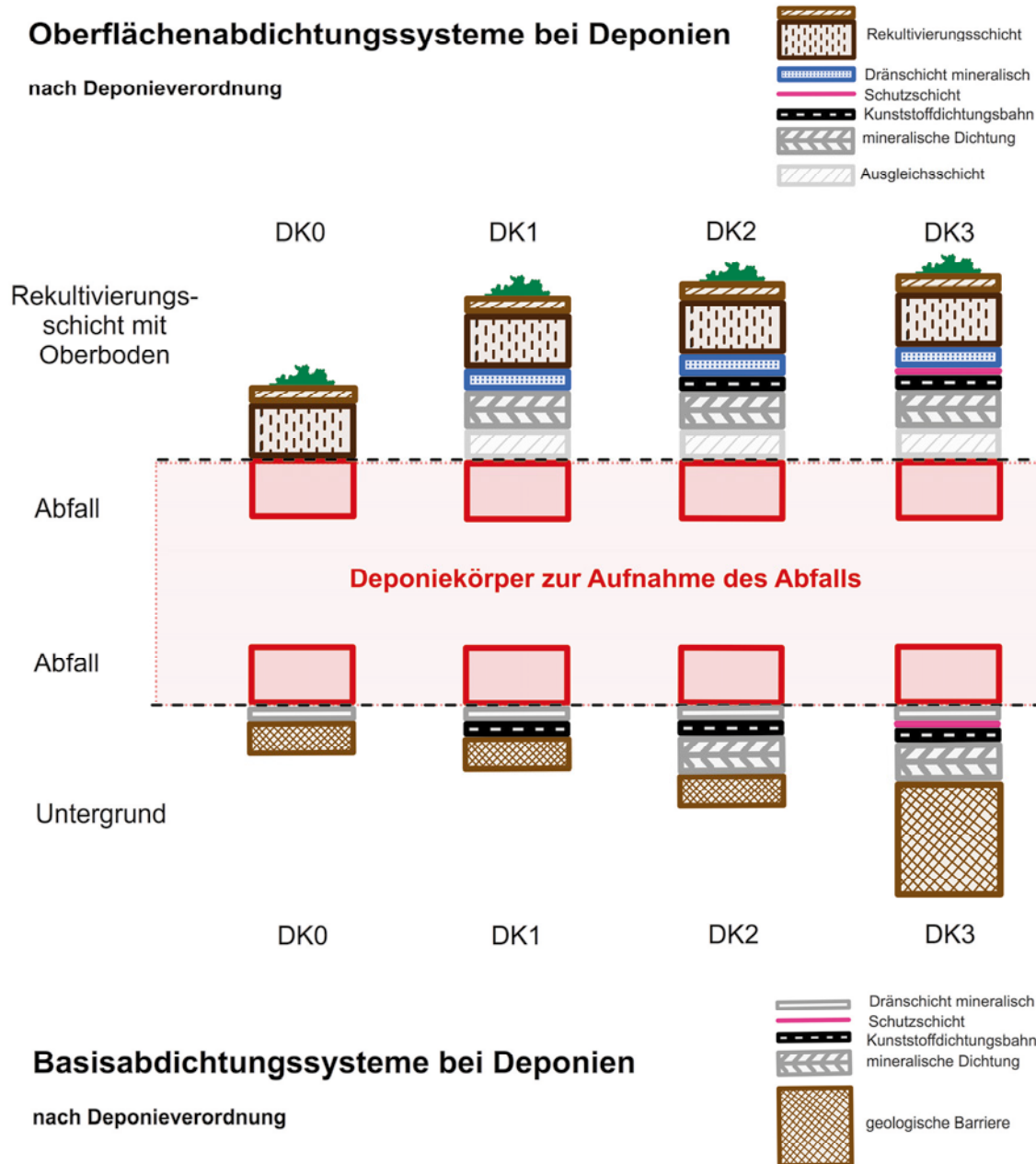


Abbildung 10 Aufbau einer Deponie nach Deponieverordnung

[Eigene Darstellung, in Anlehnung an Anhang 1 Tabelle 1 DepV, 15.04.2024]

¹¹² Vgl. (§ 2 Absatz 6 Satz 1 – Absatz 10 Satz 1 DepV).

Deponien der Klasse 0 (DK0) enthalten Abfälle, die entweder nicht reaktiv sind oder eine äußerst geringe Reaktionsfähigkeit aufweisen.¹¹³ Deponien der Klasse 1 (DK1) enthalten nur einen minimalen Anteil an organischen Materialien und sind daher nicht in der Lage, bedeutende Schadstoffmengen freizusetzen. Typischerweise handelt es sich bei diesen Deponien um Lagerstätten für Erdmaterialien, Bauschutt und ähnliche Reststoffe. Deponien der Klasse 2 (DK2) lagern Abfälle mit einem niedrigen Anteil an organischen Materialien, wobei diese Kategorie hauptsächlich für Siedlungsabfälle und Hausmüll reserviert ist. Deponien der Klasse 3 (DK3) beherbergen Sonderabfälle und unterliegen aufgrund ihrer hohen Anforderungen an den Deponieaufbau einer intensiven Reglementierung. Die Deponien der Klassen 0, I, II und III werden oberirdisch errichtet, während die Klassen IV und V (DK IV) unterirdische Deponien sind, die dazu dienen, Abfälle sicher zu lagern, die an der Oberfläche nicht angemessen verwahrt werden können.¹¹⁴

Die Untersuchungen zu den verbleibenden Kapazitäten der Deponien in Deutschland konzentrieren sich vorrangig auf die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen wie Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch. Wie zuvor erläutert, erfolgt die Entsorgung dieser Materialien hauptsächlich auf Deponien der Klassen DK0 und DK1. Um den Untersuchungsrahmen zu schärfen, wird zu Beginn der Entsorgungsanalyse erneut auf die relevanten Deponieklassen eingegangen. An dieser Stelle wird eine tiefergehende Beschreibung weiterer Elemente der Deponieverordnung im Kontext der Studienarbeit als irrelevant angesehen.

¹¹³ Vgl. (Korb, 2023), S. 7.

¹¹⁴ Vgl. (Korb, 2023), S. 7.

3 Entsorgungsproblem mineralischer Bauabfälle

Im Kontext der zunehmenden Relevanz von Nachhaltigkeit, Ressourcenschutz und Kreislaufwirtschaft im Bauwesen rückt die Frage der effizienten Abfallbewirtschaftung von Bau- und Abbruchabfällen in Deutschland verstärkt in den Vordergrund. Die vorangegangenen theoretischen Ausführungen haben die rechtlichen und thematischen Grundlagen für eine weiterführende Analyse der Entsorgungsprozesse geschaffen. Das vorliegende Hauptkapitel markiert nun den essenziellen Kern der Masterarbeit, indem es den Fokus auf eine quantitative empirische Untersuchung legt. Das übergeordnete Ziel besteht darin mittels einer methodischen Erfassung, Aufbereitung und Analyse von empirischen Abfalldaten im Rahmen eines strukturierten und dokumentierten Forschungsprozesses einen fundierten Einblick in die Abfallströme und die noch verfügbaren Deponiekapazitäten zu erlangen, um eine Aussage zur Entsorgungssicherheit in verschiedenen Bundesländern treffen zu können.

Ein großes Augenmerk innerhalb der Untersuchung wird auf die methodische und ethische Strenge gelegt. Durch die methodische Stringenz und den systematischen Ansatz wird die Validität der gewonnenen Ergebnisse gewährleistet und somit eine verlässliche Grundlage für die Ableitung von Handlungsempfehlungen im Rahmen der Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub in Deutschland gebildet. Um die Einhaltung dieser Gütekriterien zu gewährleisten, wird eine sequenzielle Vorgehensweise gewählt, die in Kapitel 3.1 neben der Abgrenzung des Untersuchungsrahmens, der Informationsquellen und der Datenlagen beschrieben wird.

3.1 Datenlage, Informationsquellen und Vorgehensweise

Zur Durchführung einer Analyse von Abfallströmen und Deponiekapazitäten mit der anschließenden Bewertung der Entsorgungssicherheit gilt es zunächst zu klären, welche Daten innerhalb der Untersuchung erhoben werden sollen. Die Methodik empirischer Studien gestattet dem Forscher die Nutzung zweier unterschiedlicher Quellenkategorien: Primär- und Sekundärquellen. Primärquellen beziehen sich dabei auf die erstmalige Vorstellung von Forschungsergebnissen durch die Wissenschaftler selbst in einer wissenschaftlichen Publikation. Im Gegensatz dazu stellen Sekundärquellen Texte und Darstellungen dar, die inhaltlich auf Primärquellen Bezug nehmen und deren Inhalte in summarischer, selektiver oder bewertender Art und Weise wiedergeben.¹¹⁵

Da die Eigenverwaltung von Abfalldaten auf Länderebene oder die Messung verbleibender Deponiekapazitäten im Rahmen dieser wissenschaftlichen Abschlussarbeit nicht umsetzbar ist, wird auf Sekundärdaten als maßgebliche Informationsquelle

¹¹⁵ Vgl. (Döring/Bortz, 2016), S. 19.

zurückgegriffen. Die für diese Studie relevanten Daten werden von den statistischen Landesämtern, den Regierungspräsidien oder den Umweltministerien erhoben. Die vorrangigen Sekundärquellen sind dabei die aktuellen Abfallwirtschaftspläne sowie die gegenwärtigen statistischen Abfallberichte. Die Beschaffung dieser Sekundärdaten erfolgt durch eine quantitative Analyse von Dokumenten und Literatur.

Ein Abfallwirtschaftsplan stellt ein fortlaufendes Dokument eines Bundeslandes dar, das die Ziele der Kreislaufwirtschaft, Entsorgungsaktivitäten und die aktuelle Entsorgungssituation abbildet. Die Verantwortlichkeit für die Erstellung von Abfallwirtschaftsplänen variiert je nach Bundesland und liegt in der Regel bei staatlichen oder regionalen Umweltbehörden, Abfallwirtschaftsämtern oder ähnlichen Institutionen. Die Periodizität der Aktualisierung und Neufassung erstreckt sich über fünf bis zehn Jahre und richtet sich nach rechtlichen Vorgaben, politischen Entscheidungen und den spezifischen Bedürfnissen eines Landes. Über einen definierten Zeitraum hinweg liefern diese Pläne die essentielle Datenbasis zur Abfallmenge sowie zu den Entsorgungsanlagen. Dabei wird nicht nur der aktuelle Zustand beschrieben, sondern auch die künftige Entwicklung, um die abfallwirtschaftlichen Ziele eines Landes zu realisieren und gegebenenfalls Handlungsempfehlungen auszusprechen.¹¹⁶ Im Rahmen dieser Studie wurden die aktuellsten Abfallwirtschaftspläne der betreffenden Länder ausgewählt, wodurch die Untersuchung zum Zeitpunkt der Anfertigung höchste Aktualität aufweist.

Wie bereits erläutert, erfolgt die Erfassung der Abfallströme und Deponiekapazitäten eines Landes über einen spezifischen Zeitraum im Abfallwirtschaftsplan. Um den Untersuchungsrahmen zu präzisieren, wird nachfolgend erörtert, auf welche Abfallarten und Deponieklassen der Fokus bei der Auswertung der Abfallwirtschaftspläne gerichtet ist. Gemäß § 3 Absatz 1 des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und den weiterführenden Erläuterungen der Abfalleigenschaften in Kapitel 2.5.1 wird Bauschutt und Erdaushub als Abfall eingestuft und fällt somit unter die Gruppe der mineralischen Bau- und Abbruchabfälle. Diese Gruppe wird in der Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV) im Kapitel 17 zusammengefasst. Die Abfallverzeichnis-Verordnung ist eine rechtliche Regelung in Deutschland, die im Rahmen des Abfallrechts und des Kreislaufwirtschaftsgesetzes erlassen wurde. Ihr Zweck besteht darin, Abfälle nach Art und Kategorie zu klassifizieren und in einem systematischen Verzeichnis aufzuführen. Mineralische Bau- und Abbruchabfälle werden in dieser Verordnung mit der Kennziffer 17 klassifiziert, die auch als Abfallschlüssel bezeichnet wird. Der Untersuchungsrahmen konzentriert sich somit auf Abfälle mit der Abfallschlüsselnummer 17.¹¹⁷

¹¹⁶ Vgl. (Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2021), S. 1, Autor Textabschnitt: Priska Hinz, MdL.

¹¹⁷ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 7.

Bauabfälle wie Holz, Glas, Metallabfälle, Abfälle auf Gipsbasis oder gemischte Bauabfälle werden ebenfalls in die Kategorie 17 eingeordnet, werden jedoch in dieser Masterarbeit nicht betrachtet. Außerdem ist es wichtig, zwischen mineralischen Bauabfällen und anderen massenrelevanten mineralischen Abfällen aus thermischen Prozessen wie Aschen oder Schlacken zu differenzieren. Die nachfolgende Abbildung 11 veranschaulicht die untersuchungsrelevanten Abfallarten, während Tabelle 1 einen Überblick über die Unterkategorien der einzelnen Abfallarten und ihre dazugehörigen Abfallschlüsselnummern gemäß der Abfallverzeichnisverordnung liefert. In der Tabelle 1 als auch in der Abbildung 11 sind die untersuchungsrelevanten Abfallarten mit einer rot gestrichelten Linie markiert. Die Bau- und Abbruchabfälle, die dort aufgeführt sind, repräsentieren den quantitativ größten Abfallstrom in Deutschland und sind daher entscheidend für die Bewertung der Entsorgungssicherheit.

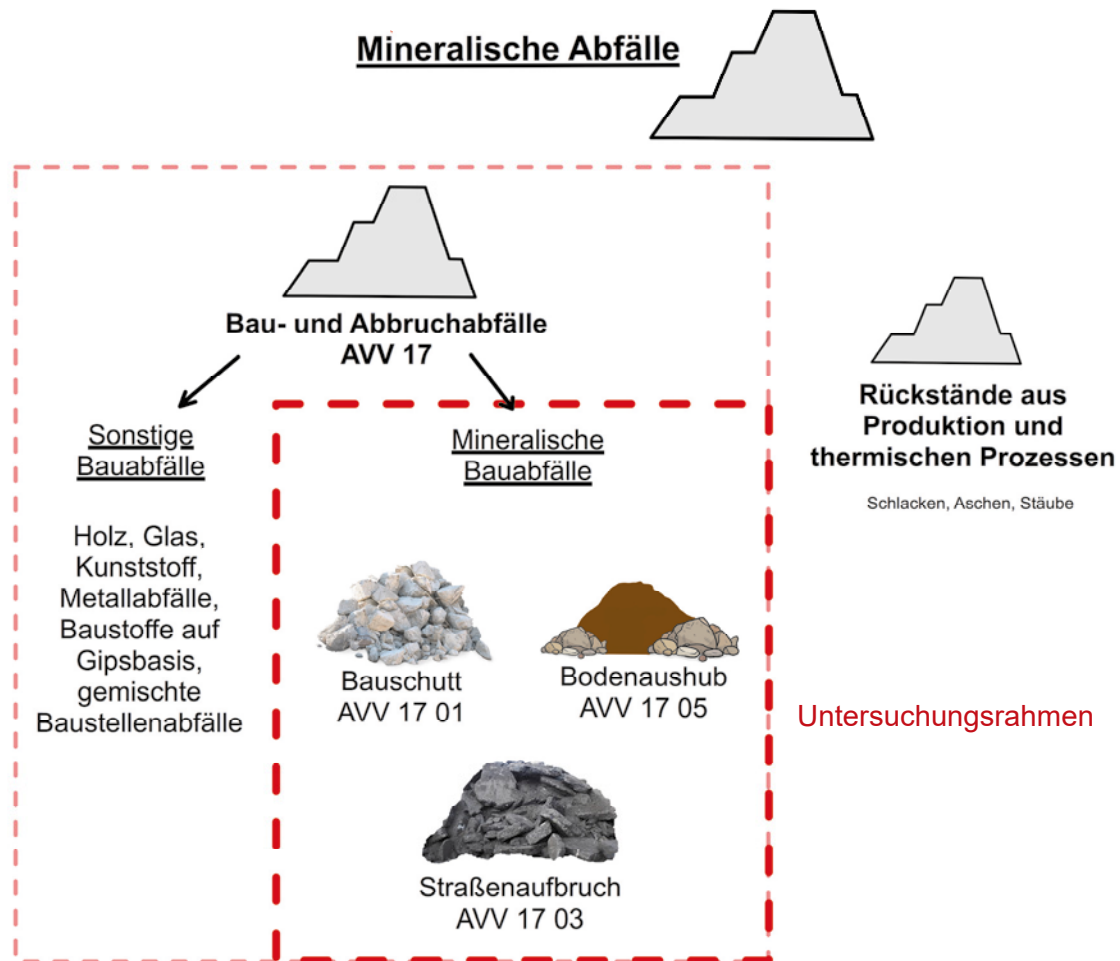


Abbildung 11 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens nach Abfallart
[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 7, 17.04.2024]

Tabelle 1 Bewertungsrelevante Abfallarten [in Anlehnung an (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 8]

AVV Kapitel 17: Bau- und Abbruchabfälle		
Abfall	Abfallschlüssel	Abfallart
	17 01	Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik
Bauschutt	17 01 01	Beton
	17 01 02	Ziegel
	17 01 03	Fliesen, Ziegel und Keramik
	17 01 06 *	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, die gefährliche Stoffe enthalten
	17 01 07	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen
	17 03	Bitumengemische, Kohlenteer und teerhaltige Produkte
Straßenaufbruch (Asphalt)	17 03 01 *	kohlenteerhaltige Bitumengemische
	17 03 02	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen
	17 05	Boden, Steine und Baggergut
Boden	17 05 03 *	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten
	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen
	17 05 05 *	Baggergut, das gefährliche Stoffe enthält
	17 05 06	Baggergut mit Ausnahme desjenigen, das unter 17 05 05 fällt
	17 05 07 *	Gleisschotter, der gefährliche Stoffe enthält
	17 05 08	Gleisschotter mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 07 fällt
Nicht in die Bewertung einbezogen wurden:		
Sonstige Bauabfälle	17 02	Holz, Glas und Kunststoffe
	17 04	Metalle
	17 06	Dämmmaterial und asbesthaltige Baustoffe
	17 08	Baustoffe auf Gipsbasis
	17 09	Sonstige Bau- und Abbruchabfälle

Gemäß Kapitel 2.5.1 differenziert das Kreislaufwirtschaftsgesetz bei Entsorgungsvorgängen zwischen Verwertung und Beseitigung. Unter Verwertung fallen dabei die Verfüllung von Abfällen in oberirdischen Abbaustätten, Deponiebau, Rekultivierungsmaßnahmen sowie verschiedene Recyclingverfahren und Methoden zur Aufbereitung von Bauschutt. Der Schwerpunkt der Beseitigung liegt in der Abfallentsorgung auf Deponien. Diese Differenzierung nimmt eine maßgebliche Position ein, wenn es um die Analyse der Deponiekapazitäten geht, denn die Unterscheidung zwischen einer Deponie und einer Verfüllungsstätte ist im allgemeinen Verständnis häufig unklar. Insbesondere im Bereich von Deponien der Klasse DK0 und DK1 für mineralische Bauabfälle mit geringem bis mäßigem Schadstoffgehalt werden die Begriffe Deponie, Verfüllungsstätte, Entsorgung, Beseitigung und Verwertung oft als Synonyme verwendet. Die Abbildung 12 ist dazu konzipiert, Klarheit bei der Unterscheidung zwischen den verschiedenen Entsorgungsanlagen und Begrifflichkeiten gemäß der aktuellen Abfallgesetzgebung zu schaffen.

Im Rahmen von Baumaßnahmen anfallende Abfälle wie Bauschutt und Erdaushub erfordern eine eingehende Schadstoffanalyse zur Klärung des Entsorgungsweges. Die Durchführung dieser Analysen erfolgt gemäß geltender Regelwerke, darunter die Ersatzbaustoffverordnung und die Deponieverordnung. Auf Grundlage dieser Untersuchungen können Aussagen über die Entsorgungsmöglichkeiten getroffen werden. Im Einklang mit der Abfallhierarchie ist es geboten, die Abfälle einer Verwertung zuzuführen, sofern ihr Schadstoffanteil keine nachteiligen Auswirkungen auf den umliegenden Boden oder das Grundwasser erwarten lässt. Nur wenn der Schadstoffgehalt für bestimmte Parameter eine Zuordnung des Materials zu einer der Deponieklassen gemäß der Deponieverordnung vorsieht, wird die Beseitigung auf einer Deponie erforderlich. Kurz gesagt, Bauschutt und Erdaushub können einer Verwertung zugeführt werden, sofern ihr Schadstoffgehalt unter den Grenzwerten der Deponieverordnung liegt.¹¹⁸

Der Unterschied zwischen einer Deponie und einer Verfüllungsstätte begründet sich in deren Struktur und Durchlässigkeit. Verfüllungsstätten repräsentieren ausgedehnte Gruben, in denen Sande, Kiese oder Steine abgebaut und als Rohstoffe auf dem Markt verwendet werden. Der primäre Zweck dieser Standorte liegt in der Rohstoffgewinnung, wobei eine positive Konsequenz darin besteht, dass die Tagebaue nach Abschluss der Bergbauaktivitäten für die Wiederverfüllung mit Bau- und Abbruchabfällen genutzt werden können.¹¹⁹ Da der Hauptfokus nicht auf der Entsorgung von Abfällen liegt, fehlen Sicherheitsmaßnahmen, um Schadstoffe vom Grundwasser oder dem

¹¹⁸ Vgl. (Bodden, et al., 2018), S. 12.

¹¹⁹ Vgl. (St Anz. Hessen Nr. 34 vom 21.08.2023, S. 1092, GL.-Nr.: 642, Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenaufbruch in Tagebauen), Absatz 1.

umliegenden Boden fernzuhalten. Das Sickerwasser wird im Verlauf der Jahre die im Abfall enthaltenen Schadstoffe ausspülen und in die angrenzenden Bodenschichten oder das Grundwasser leiten. Daher sollte der Schadstoffgehalt der dort entsorgten Abfälle nicht signifikant hoch sein.¹²⁰

Deponien hingegen sind speziell für die Entsorgung von Abfällen konzipierte Bauwerke. Durch den strukturierten Aufbau einer Deponie mit verschiedenen Abdichtungsschichten entsteht eine Wanne, deren Durchlässigkeit je nach Deponieklasse variiert und die dazu dient, belastete Materialien aufzunehmen und innerhalb der Wanne zu halten.¹²¹ Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Wasser- und Schadstoffdurchlässigkeit einer Entsorgungsstätte maßgeblich für die Ablagerung von Abfällen ist. Je undurchlässiger die Wanne, desto höher kann der Schadstoffgehalt der entsorgten Abfälle sein. Mit steigendem Schadstoffgehalt nimmt die Gefahr einer Anreicherung des umliegenden Bodens und des Grundwassers mit schädlichen Substanzen zu. Um dieser Gefahr vorzubeugen, wird die Undurchlässigkeit der Basisabdichtung mit zunehmendem Schadstoffgehalt erhöht.

Für die vorliegende wissenschaftliche Untersuchung erweisen sich insbesondere die Deponien der Klassen DK0 und DK1 als betrachtungsrelevant. In Abbildung 12 sind diese durch eine rot gestrichelte Linie markiert. In Deponien der Klasse 0 werden Abfälle gelagert, die nicht mit potenziellen Reaktionspartnern in Wechselwirkung treten oder dies in äußerst geringem Maße tun. Innerhalb fachkundiger Kreise werden solche Abfälle als „inert“¹²² bezeichnet und zeichnen sich durch ihre Schadstofffreiheit aus. Es handelt sich überwiegend um Erdaushub.¹²³ Deponien der Klasse 1 weisen einen äußerst geringen Anteil an organischen Materialien auf und sind somit nicht in der Lage, nennenswerte Mengen von Schadstoffen freizusetzen. Beispiele für Abfälle dieser Klasse sind Bodenaushub, Bauschutt oder sonstige Reststoffe. Ab der Deponieklasse 2 erfolgt die Lagerung von Abfällen mit einem niedrigen Gehalt an organischen Materialien.¹²⁴ Diese Klasse kommt für Siedlungsabfälle und Hausmüll zum Einsatz, spielt jedoch im Kontext der Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub keine weiterführende Rolle.

Die Anzahl und das Restvolumen der Deponien der Klasse 0 und 1 wird in statistischen Abfallberichten der jeweiligen Länder erhoben. Auf Basis dessen kann eine valide Aussage zur Entsorgungssicherheit im Bereich der Deponierung von Bauschutt und Erdaushub getroffen werden. Für die ebenfalls relevante Menge an abgelagerten

¹²⁰ Vgl. (St Anz. Hessen Nr. 34 vom 21.08.2023, S. 1092, GL.-Nr.: 642, Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenaufbruch in Tagebauen), Absatz 1.

¹²¹ Vgl. (Korb, 2023), S. 7.

¹²² Inert: träge, sich an bestimmten chemischen Vorgängen nicht beteiligend (Dudenredaktion, 2024)

¹²³ Vgl. (Korb, 2023), S. 7.

¹²⁴ Vgl. (Korb, 2023), S. 7.

Abfällen in Verfüllungsstätten und ehemaligen Tagebauen kann jedoch keine Aussage über die vorhandenen Restvolumina getroffen werden. Die Anzahl, das Restvolumen als auch die Klassifizierung von Verfüllungsstätten wird in keiner validen Statistik dargestellt.¹²⁵

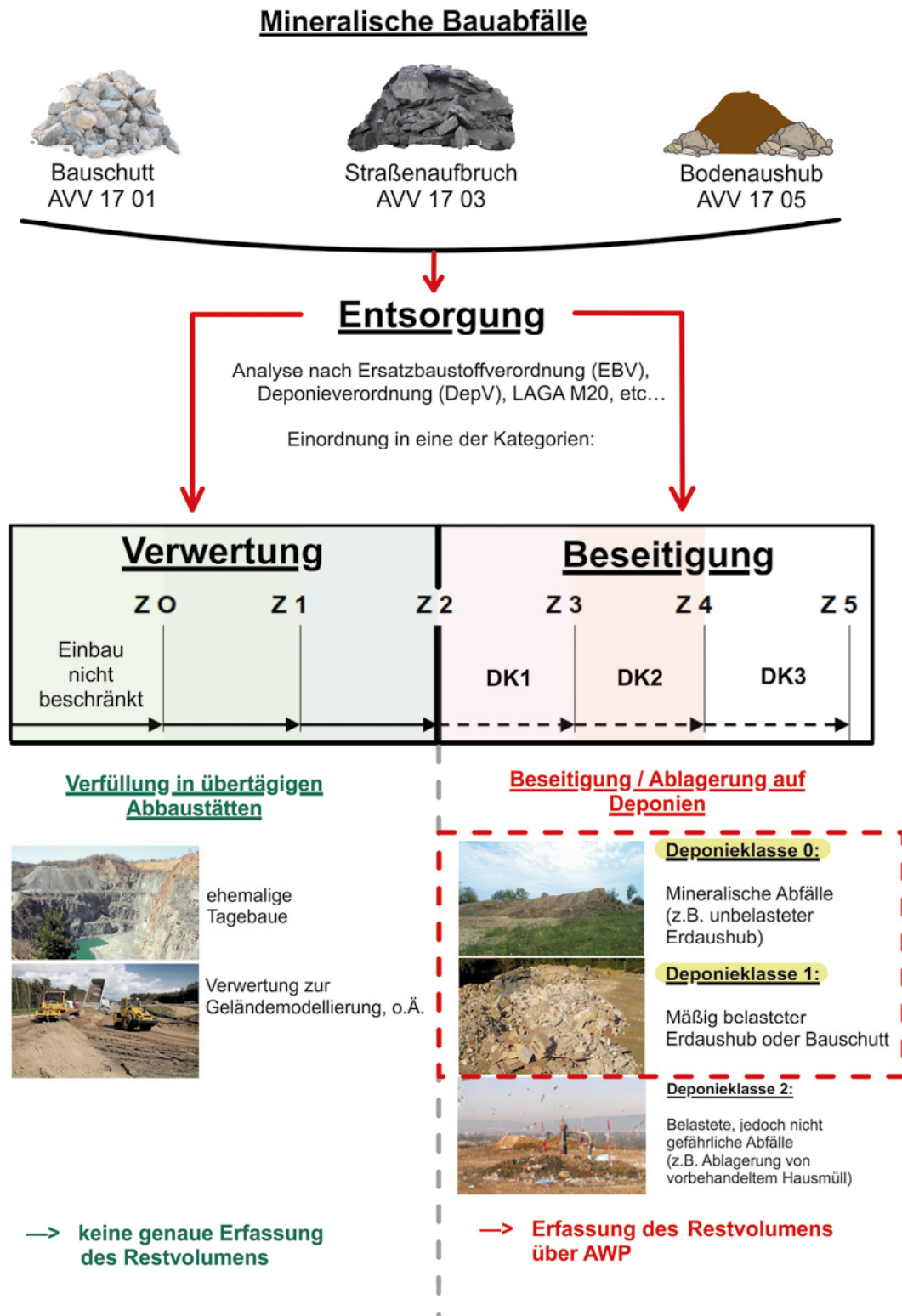


Abbildung 12 Darstellung der untersuchungsrelevanten Entsorgungsanlagen
[Eigene Darstellung, in Anlehnung an § 3 Absatz 22, 23 & 26 KrWG, 18.04.2024]

¹²⁵ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 86.

Nachdem die relevanten Datensätze für die Erhebung aufgeschlüsselt und der Untersuchungsrahmen konkretisiert wurden, erfolgt im weiteren Verlauf dieses Kapitels eine Darlegung des schrittweisen Vorgehens der quantitativ empirischen Analyse. Insgesamt sind acht verschiedene Schritte vorgesehen, die den Weg zur Beurteilung der Entsorgungssicherheit im Bereich der Deponien für DK0- und DK1-Abfälle skizzieren.

Der erste Schritt konzentriert sich auf die Auswahl der fünf Bundesländer mit der stärksten Bauwirtschaft. Angesichts der Herausforderung, eine Analyse aller 16 Bundesländer im Rahmen einer Masterarbeit quantitativ umzusetzen, wird der Fokus auf diejenigen Bundesländer gerichtet, die die höchste Bauaktivität aufweisen. Die Bauaktivität wird dabei anhand der erzielten Umsätze im Bauhauptgewerbe nach Regionen gemessen. Im Jahr 2020 erzielten die Betriebe des Bauhauptgewerbes insgesamt einen baugewerblichen Umsatz von 143 Milliarden Euro.¹²⁶ Bayern führt diese Liste an, indem es mit knapp 30 Milliarden Euro den höchsten baugewerblichen Umsatz verzeichnet. Nordrhein-Westfalen folgt an zweiter Stelle mit rund 23 Milliarden Euro, gefolgt von Baden-Württemberg mit einem Umsatz von 20 Milliarden Euro und Niedersachsen mit etwas mehr als 15 Milliarden Euro. Das fünftplatzierte Bundesland Hessen verzeichnet einen baugewerblichen Umsatz von etwa 9 Milliarden Euro. Da bereits eine Analyse zur Entsorgungssicherheit für Hessen vorliegt, rückt das Bundesland Sachsen aufgrund seines baugewerblichen Umsatzes von 8 Milliarden Euro in den Fokus der Untersuchung zur Entsorgungssicherheit.¹²⁷ Die statistischen Daten wurden im Mai 2021 vom Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V. in Berlin erfasst, in der Schriftenreihe „Bauwirtschaft im Zahlenbild“ veröffentlicht und sind in Abbildung 13 dargestellt.

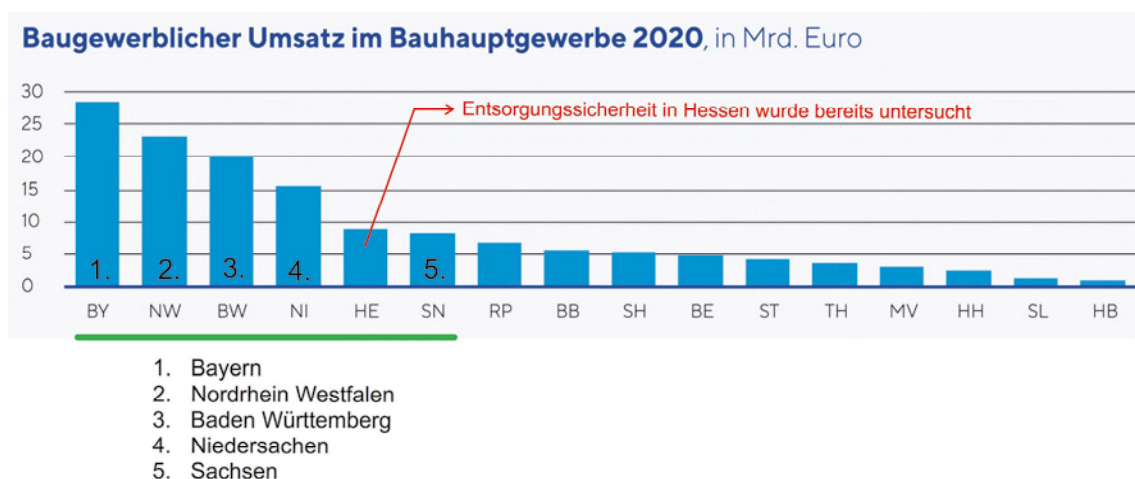


Abbildung 13 Auswahl der fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländer
[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Kraus & Weitz, 2021), 19.04.2024]

¹²⁶ Vgl. (Kraus & Weitz, 2021), S. 5.

¹²⁷ Vgl. (Kraus & Weitz, 2021), S. 5, Grafik 05.

Der zweite Schritt dieser Analyse fokussiert sich auf die Überprüfung der Abfallwirtschaftspläne sowie der aktuellen Abfallbilanzen der ausgewählten fünf Bundesländer. Die Dokumente wurden von den jeweiligen Statistischen Landesämtern oder den Ministerien für Umwelt, Klima, Bauen und Natur bezogen. Nach einer Durchsicht und Auswahl der relevanten Abfall- und Deponiedaten setzt der dritte Untersuchungsschritt den Schwerpunkt auf die Auswertung dieser Dokumente. Diese Analyse erfolgte anhand der zuvor definierten Kriterien und konzentriert sich insbesondere auf Abfälle der Kategorie 17 sowie Deponien der Klasse DK0 und DK1.

Im Anschluss an diese Auswertung erfolgen Schritt vier und fünf, in denen eine schriftliche Beschreibung der jährlichen Abfallmenge und der verfügbaren Deponievolumina erstellt wird. Die erhobenen und überprüften Daten bilden die Grundlage für die Entwicklung einer Gegenüberstellung von Abfallmenge und restlichen Deponievolumina für jedes der fünf Bundesländer. Diese Gegenüberstellung wird nicht nur in Form einer Abbildung präsentiert, sondern dient auch als Ausgangspunkt für die nachfolgende mathematische Langzeitsimulation der Restkapazitäten von DK0 und DK1 Deponien.

Die mathematische Bestimmung der Restlaufzeit stützt sich auf diverse Parameter, darunter die Umrechnungsfaktoren für Volumen- und Gewichtsangaben. In den Statistiken wird die Menge an Abfall in der Maßeinheit Tonnen angegeben, während die verfügbaren Deponierestvolumen in Kubikmetern gemessen werden. Zur Umrechnung von Volumen und Gewichtsangaben wird gemäß der Schneider-Bautabellen für einen Kubikmeter Bodenaushub ein durchschnittliches Gewicht von 1,8 Tonnen angesetzt.¹²⁸ Für Bauschutt und Asphaltaufruch hingegen beträgt der Umrechnungsfaktor 1,3 Tonnen pro Kubikmeter.¹²⁹ Abgerundet wird die Auswertung mit einer Zusammenfassung für jedes der fünf Bundesländer, die die Restlaufzeit der Deponien der Klasse DK0 und DK1 beschreibt.

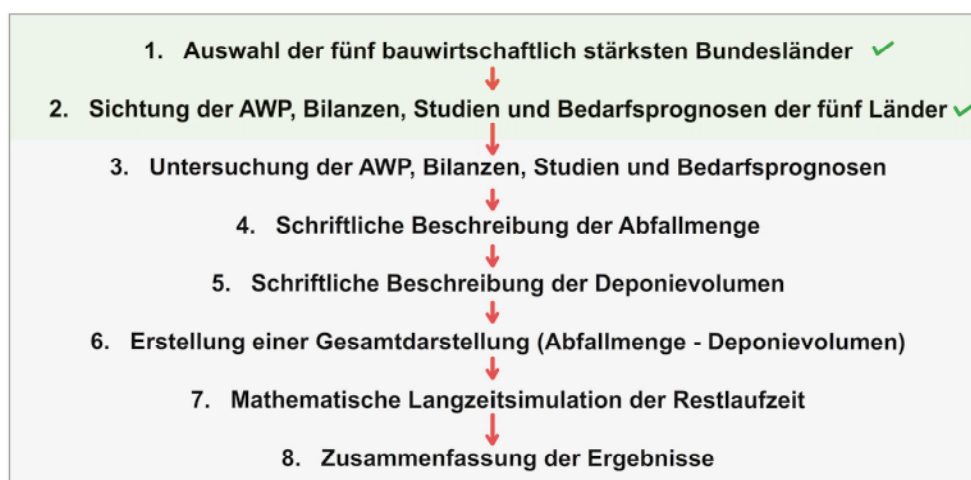


Abbildung 14 Vorgehen bei der Analyse der Entsorgungssicherheit [Eigene Darstellung, 20.04.2024]

¹²⁸ Vgl. (Schneider, et al., 2018), 3.14 Eigenlasten / Einwirkungen auf Tragwerke, 8. Lagerstoffe.

¹²⁹ Vgl. (Schneider, et al., 2018), 3.9 Eigenlasten / Einwirkungen auf Tragwerke, 2. Mauerwerk.

3.2 Analyse der Entsorgungssicherheit der bauwirtschaftlich stärksten Bundesländer

Die Analyse der Entsorgungssicherheit in diesem Kapitel der Studie bildet den Kern der Forschung und dient der Beantwortung der zentralen Forschungsfrage: „Besteht in den fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländern Deutschlands, die Gefahr eines akuten Entsorgungsnotstandes für Bauschutt und Erdaushub?“

Zur besseren Nachvollziehbarkeit des Forschungsprozesses wird an dieser Stelle erneut auf die methodische Vorgehensweise (s. Abbildung 14) hingewiesen. Jedes der ausgewählten Bundesländer wird in den Kapiteln 3.2.1 bis 3.2.5 einzeln untersucht, wobei die Schritte gemäß Abbildung 14 nacheinander durchgeführt werden. Eine Zusammenfassung und der Vergleich der Entsorgungssituationen erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

3.2.1 Bayern

Grundlage für die Analyse der Entsorgungssicherheit im Bundesland mit dem höchsten Umsatz im Bauhauptgewerbe bildet die Abfallbilanz mit dem Titel „Abfallwirtschaft in Bayern 2018“. Diese Veröffentlichung wurde vom Bayerischen Landesamt für Statistik herausgegeben. Gemäß dem Bayerischen Abfallwirtschaftsgesetz (BayAbfG) sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger, in diesem Fall die 25 kreisfreien Städte und 71 Landkreise Bayerns, dazu verpflichtet, jährlich eine Abfallbilanz zu erstellen. Dies entspricht den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Die jährliche Fortschreibung dieser Bilanz ermöglicht es dem Bundesland, einen Überblick über die abfallwirtschaftliche Situation und deren Entwicklung zu gewinnen und zu behalten. Das Bayerische Landesamt für Statistik wertet dazu die Daten von den 96 öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern aus und fasst diese zu einer aussagekräftigen Studie zusammen.¹³⁰ Die im Zuge dieser Studie untersuchten Abfalldaten beziehen sich auf das Kalenderjahr 2018 und wurden im Juni 2022 herausgegeben. Für den Bereich der Bau- und Abbruchabfälle sowie die zur Verfügung stehenden Deponiekapazitäten bildet die zugrundeliegende Statistik für das Betrachtungsjahr 2018 die aktuellsten Daten.

Neben dem statistischen Bericht „Abfallwirtschaft in Bayern 2018“ wurde außerdem eine Bedarfsprognose für Deponien der Klasse 0, 1 und 2 aus dem Jahr 2018 unterstützend herangezogen. Der Auftrag für die Erstellung einer Bedarfsprognose zu Deponiekapazitäten wurde von dem bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) an das Institut für Abfall, Abwasser, Site und Facility Management e.V. gegeben.¹³¹ Die Bedarfsprognose basiert jedoch auf dem Datenstand zum Stichtag 31.12.2016,

¹³⁰ Vgl. (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), S. 7 f.

¹³¹ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 2.

weshalb die Studie als nicht aktuell einzustufen ist. Da sich die Berichtszeiträume zwischen den aktuellsten Daten und den Abfalldaten dieses Berichtes jedoch nur um zwei Jahr unterscheiden, wird dennoch auf die Studie mit dem Titel „Fortschreibung Deponiebedarfsprognose Klasse 0, 1 und 2 in Bayern“ zurückgegriffen. Im Rahmen der Bedarfsprognose wurde der erforderliche Deponieraum für das Bundesland Bayern bis zu dem Jahr 2030 ermittelt. Dabei wurde das Berichtsjahr 2016 zugrunde gelegt und der Bedarf an Deponien ausgehend von der Ist-Situation des mineralischen Abfallaufkommens ermittelt. Aufbauend auf dem Vergleich zwischen Abfallaufkommen und Ablagekapazitäten wurden anschließend Schlussfolgerungen gezogen, in welchem Umfang in den folgenden Jahren Deponiekapazitäten benötigt werden.¹³²

Auf Basis der zwei beschriebenen Abfallberichte „Abfallwirtschaft in Bayern 2018“ und „Fortschreibung Deponiebedarfsprognose Klassen 0, 1 und 2 in Bayern“ wurden die benötigten Abfall- und Deponiedaten für die Ermittlung der Entsorgungssicherheit in Bayern herausgefiltert. Gemäß Abbildung 14, Schritt 4 wird nachfolgend zunächst die Abfallmenge des Bundeslandes beschrieben.

Im Jahr 2018 verzeichnete Bayern eine Gesamtabfallmenge von etwa 50 Millionen Tonnen im Bereich Bau- und Abbruchmaterialien. Dies stellt lediglich eine marginale Steigerung von 0,80 % im Vergleich zum Berichtsjahr 2016 dar. Der überwiegende Anteil dieses Abfallaufkommens entfiel auf Bodenaushub, der mit 34,79 Millionen Tonnen den größten Anteil ausmacht. Bauschutt folgt an zweiter Stelle mit einer Menge von 11,12 Millionen Tonnen, während im Betrachtungsjahr 2018 zusätzlich 4,11 Millionen Tonnen Straßenaufbruch entsorgt wurden.¹³³ Die Gesamtmenge der entsorgten Bau- und Abbruchabfälle mit der Aufteilung in die verschiedenen Abfallgruppen nach Abfallverzeichnisverordnung ist in Abbildung 15 veranschaulicht.

¹³² Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 13.

¹³³ Vgl. (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), S. 57, Tabelle 3.1.

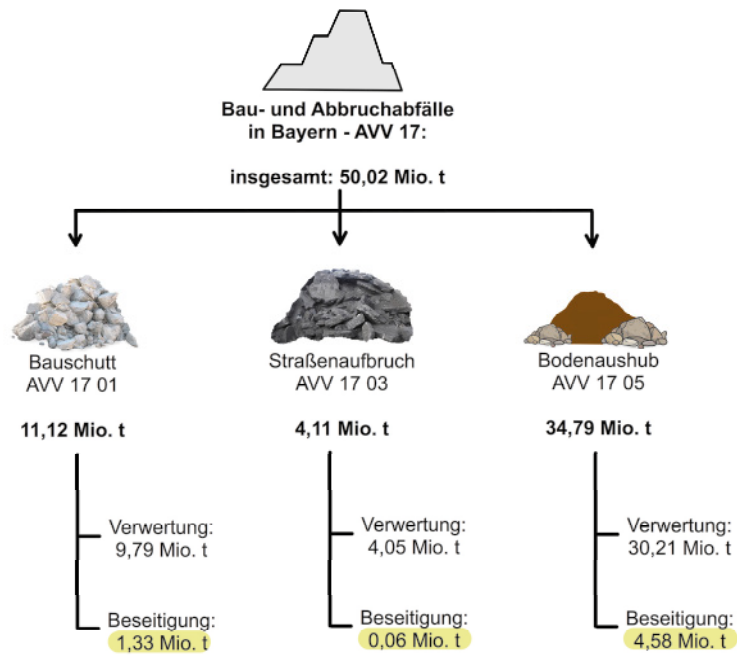


Abbildung 15 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), 21.04.2024]

Eine bedeutende Anzahl dieser Bau- und Abbruchmaterialien wurde einer Verwertungsmaßnahme unterzogen, wobei insgesamt 44,05 Millionen Tonnen entsprechend aufbereitet wurden. Hiervon wurde der Großteil für die Verfüllung überirdischer Abbaustätten verwendet. Weitere 9,92 Millionen Tonnen fanden Aufbereitung in Bauschuttrecyclinganlagen, während 5,07 Millionen Tonnen bei diversen anderen Baumaßnahmen wiederverwertet wurden. Für die Beurteilung der Entsorgungssicherheit des Bundeslandes Bayerns sind jedoch die 5,97 Millionen Tonnen von Relevanz, die in Deponien der Klassen 0, 1 und 2 beseitigt wurden. Von der Gesamtmenge beseitigter Abfälle entfallen 4,58 Millionen Tonnen auf die Gruppe des Bodenaushubes, 1,33 Millionen Tonnen auf Bauschutt und 61.000 Tonnen auf den Straßenaufbruch.¹³⁴ Abbildung 16 gibt eine Übersicht über die unterschiedlichen Entsorgungswege der Bauabfälle. Es ist zu erkennen, dass in allen vier Entsorgungswegen ein leichter Anstieg der Abfallmenge über den Betrachtungszeitraum zu verzeichnen ist.

¹³⁴ Vgl. (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), S. 57, Tabelle 3.1.

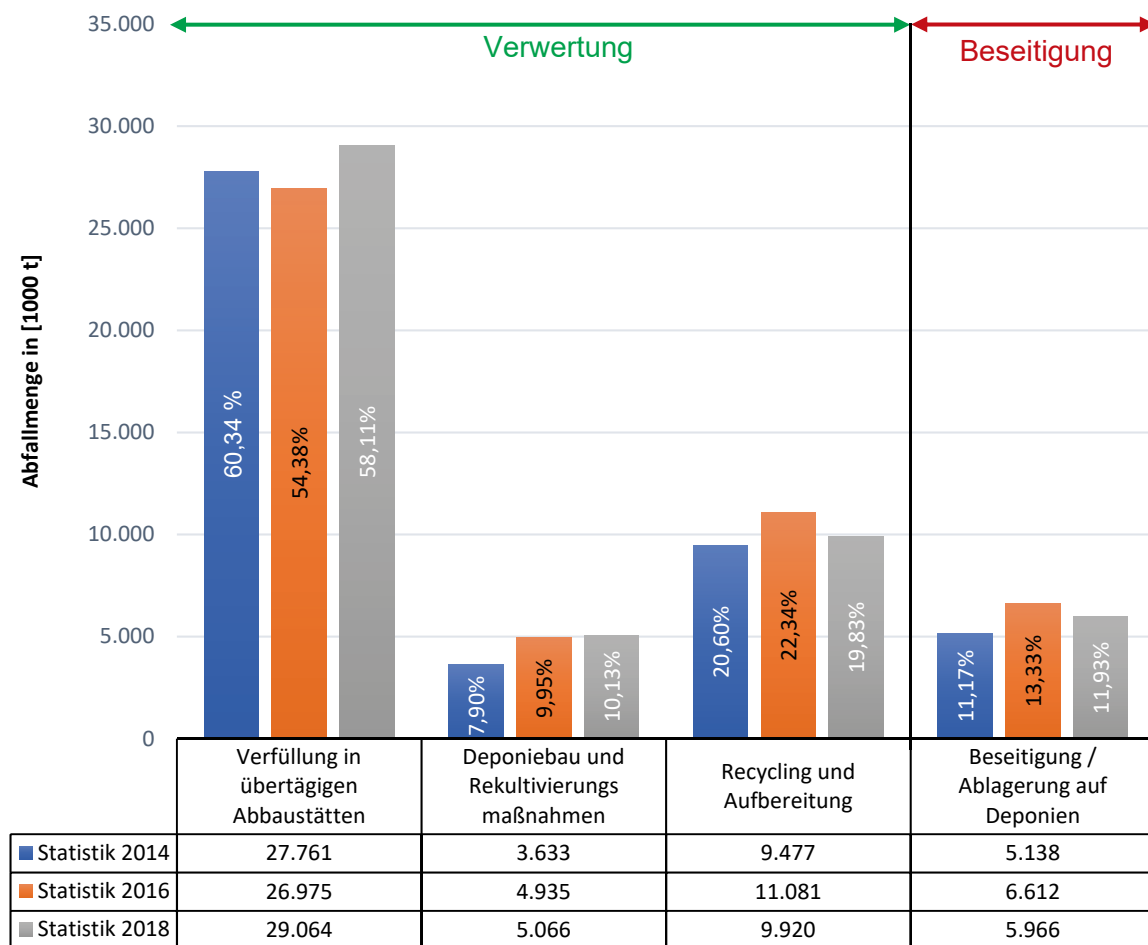


Abbildung 16 Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), 21.04.2024]

Nachdem die Abfallmenge für das Berichtsjahr 2018 in den untersuchungsrelevanten Abfallgruppen herausgefiltert wurde, steht als nächster Arbeitsschritt die Untersuchung der restlichen zur Verfügung stehenden Deponievolumen an. Aufgrund der Tatsache, dass bereits eine valide Untersuchung zu den vorhandenen Deponiekapazitäten aus dem Jahr 2016 mit dem Titel „Fortschreibung Deponiebedarfsprognose Klassen 0, 1 und 2 in Bayern“ vorliegt, wurde folgendes Vorgehen gewählt. Der Bericht zur Deponiebedarfsprognose wurde zunächst nicht beachtet und eine Untersuchung lediglich auf Basis des statistischen Berichtes „Abfallwirtschaft in Bayern 2018“ angefertigt. Dies hat den Vorteil, dass die Ergebnisse zur Bewertung der Entsorgungssicherheit mit den Ergebnissen aus der Studie „Fortschreibung Deponiebedarfsprognose Klassen 0, 1 und 2 in Bayern“ verglichen werden können. Durch den Vergleich kann die Richtigkeit der Aussagen und der rechnerischen Langzeitsimulation zu den vorhandenen Restvolumina evaluiert werden.

Gemäß dem statistischen Bericht des Jahres 2018 verzeichnet das Bundesland Bayern insgesamt 324 Deponien der Klassen 0, 1, 2 und 3, die sich derzeit in der Ablagerungsphase befinden. Diese Gesamtzahl verteilt sich auf 275 Deponien der untersten Klasse DK0, 19 Deponien der Klasse DK1, 27 Deponien der Klasse DK2 und drei Deponien der Klasse DK3.¹³⁵ Es ist anzumerken, dass lediglich zwei Pläne für die Neuerschließung von Deponien in Bayern bekannt sind.¹³⁶ Die Regierungspräsidien bestätigen, dass die Projekte zur Neuerschließung von Deponieraum der Klasse DK1 in Odelsham (Landkreis Rosenheim) und Helmstadt (Landkreis Würzburg) in der Planungsphase sind. Bezüglich der Erweiterung bestehender Deponien ist lediglich ein Vorhaben für die Deponie Rothmühle (Landkreis Schweinfurt) bekannt.¹³⁷ Da es sich hierbei um den Ausbau einer DK2-Deponie handelt, erweist sich dies als nicht relevant für die Beurteilung der Entsorgungssicherheit von Bauschutt und Erdaushub. Die Grundlage für die rechnerische Langzeitsimulation bildet somit das im Berichtsjahr 2018 ausgewiesene und genehmigte Ablagerungsvolumen. Geplante Erweiterungen nach der Veröffentlichung des Abfallberichts im Juni 2022 werden in die rechnerische Simulation nicht einbezogen und gelten auf Grundlage der vorangegangenen Erläuterungen als marginal.

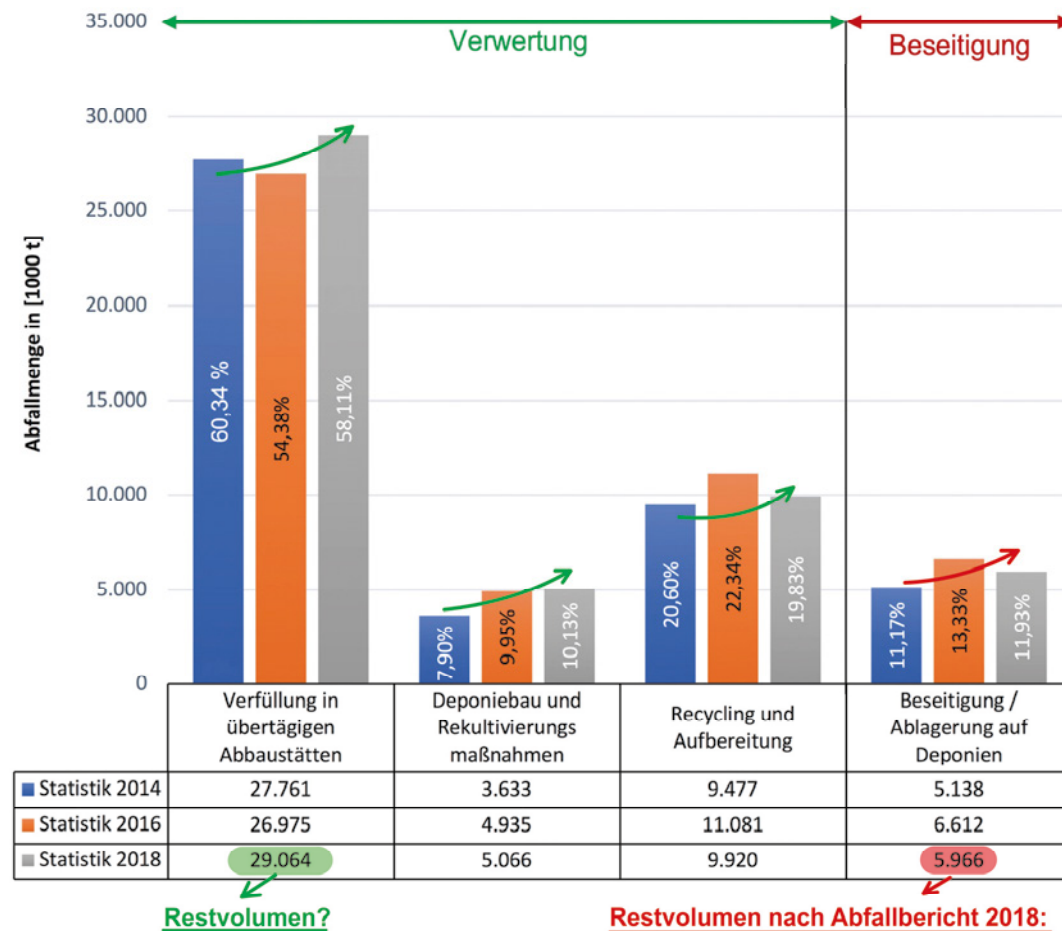
Zum Stichtag der Erhebung im Jahr 2018 verfügten die 275 DK0-Deponien über ein genehmigtes Restvolumen von 40,57 Millionen Kubikmeter. Das Restvolumen der Deponieklasse 1 lag bei 2,63 Millionen Kubikmeter und das Volumen der Klasse 2 bei 6,97 Millionen Kubikmeter. Für die Deponieklasse 3 erfasste das bayerische Landesamt für Statistik ein Restvolumen von 0,47 Millionen Kubikmetern.¹³⁸ Wie bereits erwähnt, sind Vorhaben zur Erweiterung oder Neuschaffung von Deponieraum aufgrund ihrer geringen Ausmaße als für die rechnerische Langzeitsimulation irrelevant einzustufen. Die Zusammenführung des ermittelten Abfallaufkommens in Bayern mit den verfügbaren Restvolumina ermöglicht eine Gegenüberstellung von Abfallaufkommen und Deponievolumen. Diese Darstellung ist in Abbildung 17 veranschaulicht und bildet den Ausgangspunkt für die mathematische Simulationsrechnung zur Beurteilung der Entsorgungssicherheit.

¹³⁵ Vgl. (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), S. 44, Tabelle 1.4.2.

¹³⁶ Vgl. (Bayerischer Landtag, Drucksache 18/10891 vom 14.01.2021, Schriftliche Anfrage Bündnis 90 / Die Grünen vom 22.07.2020, Antwort des Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz), S. 6.

¹³⁷ Vgl. (Bayerischer Landtag, Drucksache 18/10891 vom 14.01.2021, Schriftliche Anfrage Bündnis 90 / Die Grünen vom 22.07.2020, Antwort des Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz), S. 6.

¹³⁸ Vgl. (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), S. 44, Tabelle 1.4.2.



keine Angaben...

Verwertung zur
Geländemodellierung, o.Ä.?
keine Angaben ...

**Deponieklasse 0:**Mineralische Abfälle
(z.B. unbelasteter Erdaushub)Restvolumen: 40.567.000 m³**Deponieklasse 1:**(Mäßig belasteter Erdaushub oder
Bauschutt)Restvolumen: 2.629.000 m³**Deponieklasse 2:**(Regeldeponie für vorbehandelten
Hausmüll)Restvolumen: 6.974.000 m³

Abbildung 17 Abfallaufkommen und Deponievolumen in Bayern [Eigene Darstellung, 27.04.2024]

Die mathematische Berechnung der verbleibenden Nutzungsdauer bayerischer Deponien nimmt den siebten Platz in der Entsorgungsanalyse ein. Im Jahr 2018 belief sich die deponierte Menge an Bau- und Abbruchabfällen auf 5,97 Millionen Tonnen. Gemäß der Statistik sind 4,58 Millionen Tonnen der Abfallgruppe AVV 17 05 Bodenaushub zuzuordnen. Auf die Gruppe AVV 17 01 Bauschutt entfallen 1,33 Millionen Tonnen, während 0,06 Millionen Tonnen der Gruppe AVV 17 03 Straßenaufbruch zugeordnet werden.¹³⁹

¹³⁹ Vgl. (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), S. 57, Tabelle 3.1.

Das Restvolumen von Deponien der Klasse DK0 für mineralische Abfälle mit geringem Schadstoffgehalt wie beispielsweise Erdaushub, liegt bei 40,57 Millionen Kubikmetern. Im Bereich der Deponien für mäßig belasteten Erdaushub oder Bauschutt der Deponieklasse DK1 liegt das bayerische Restvolumen bei 2,63 Millionen Tonnen.¹⁴⁰ Bei der Bewertung der Entsorgungssicherheit werden zwei verschiedene Szenarien betrachtet. Das „Best-Case“-Szenario geht davon aus, dass die jährliche Ablagerungsmenge konstant bei 5,97 Millionen Tonnen liegen wird. Außerdem werden die Umrechnungsfaktoren für Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch ebenfalls als konstant angesehen. Bei der Betrachtung des „Worst-Case“-Szenario werden verschiedene Einflussfaktoren über eine prozentuale Zunahme des Abfallaufkommens berücksichtigt. Ein erhöhtes Abfallaufkommen kann einerseits durch die verstärkte Bauwirtschaft angenommen werden, andererseits können die Änderungen des Rechtsrahmens durch die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung ebenfalls Einflüsse auf die Menge der Bau- und Abbruchabfälle haben.¹⁴¹ Parallel zu der Zunahme der beseitigten Bau- und Abbruchabfälle von 2014 bis 2018 von rund 16 Prozent ist auch der Umsatz im Bauhauptgewerbe um rund acht Prozent gewachsen.¹⁴² In Anlehnung dessen wird im „Worst-Case“-Szenario eine jährliche Zunahme des Abfallvolumens von fünf Prozent angenommen. Neben dieser Zunahme berücksichtigt das „Worst-Case“-Szenario auch die potenzielle Variation der Umrechnungsfaktoren aufgrund unterschiedlicher Materialdichten. Diese Unterschiede werden in der Realität maßgeblich durch variierenden Hohlraumgehalt oder unterschiedliche Wassersättigung verursacht.

¹⁴⁰ Vgl. (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), S. 44, Tabelle 1.4.2.

¹⁴¹ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 45 ff.

¹⁴² Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 48.

Restlaufzeit der Deponien in Bayern:

- Beseitigungsmenge 2018: 5.966.000 Tonnen
davon:
 - AVV 17 05 - Bodenaushub: 4.577.000 Tonnen
 - AVV 17 03 – Straßenaufbruch: 61.000 Tonnen
 - AVV 17 01 – Bauschutt: 1.328.000 Tonnen
- Restvolumen DK0: 40.567.000 Kubikmeter
- Restvolumen DK1: 2.629.000 Kubikmeter
- Dichte Bodenaushub: 1,80 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)
- Dichte Bauschutt/Straßenaufbruch: 1,30 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)

Berechnung „Best-Case“-Szenario:

1. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 05 – Bodenaushub):

$$\frac{4.577.000 \frac{t}{Jahr}}{1,80 \frac{t}{m^3}} = 2.542.778 \frac{m^3}{Jahr}$$

2. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 03 – Straßenaufbruch):

$$\frac{61.000 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 46.923 \frac{m^3}{Jahr}$$

3. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 01 – Bauschutt):

$$\frac{1.328.000 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 1.021.539 \frac{m^3}{Jahr}$$

4. Restlaufzeit der Deponien (Klasse DK0 und DK1) in Bayern:

$$\frac{\text{Restvolumen}}{\text{Abfallmenge}} = \frac{40.567.000 m^3 + 2.629.000 m^3}{2.542.778 \frac{m^3}{Jahr} + 46.923 \frac{m^3}{Jahr} + 1.021.539 \frac{m^3}{Jahr}} = \mathbf{11,96 Jahre}$$

Ein Entsorgungsnotstand liegt definitionsgemäß vor, wenn die ordnungsgemäße und schadlose Entsorgung von Abfällen nicht mehr gewährleistet ist.¹⁴³ Gemäß den Berechnungen dieser wissenschaftlichen Studie tritt dieser Zustand für das Bundesland Bayern basierend auf den getroffenen Annahmen und den Abfalldaten des Berichtsjahres 2018 spätestens nach 11,96 Jahren ein. Sofern keine umfassenden neuen Deponiekapazitäten geschaffen werden, wird ab dem Jahr 2030 die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen gemäß ihrer Schadstoffklassifikation auf Deponien der Klasse DK0 und DK1 nicht mehr möglich sein.

Nach der Betrachtung des „Best-Case“-Szenarios wird im Folgenden der ungünstigste Fall untersucht. Zur Darstellung der verschiedenen Einflussfaktoren wie Materialdichten und jährliche Abfallzunahme wurde das Computer-Algebra-System „GeoGebra“ herangezogen. Diese Software ermöglicht die mathematische Modellierung der Restlaufzeit der Deponien. Die beigefügte Abbildung zeigt einen Ausschnitt des Grafikfensters von „GeoGebra“, in dem die Langzeitsimulation durchgeführt wurde. Die verschiedenen Einflussfaktoren wurden durch die Parameter a, b und c repräsentiert. Mit a und b können unterschiedliche Materialdichten für die Umrechnung von Volumen- und Gewichtsangaben eingestellt werden. Der Parameter c wurde genutzt, um eine jährliche Abfallzunahme von fünf Prozent für den ungünstigsten Fall festzulegen. Der Ordinatenabschnitt gibt das gesamte Restvolumen der DK0 und DK1 Deponien in Bayern in Kubikmetern an. An der Abszisse kann die Restlaufzeit in Jahren abgelesen werden.

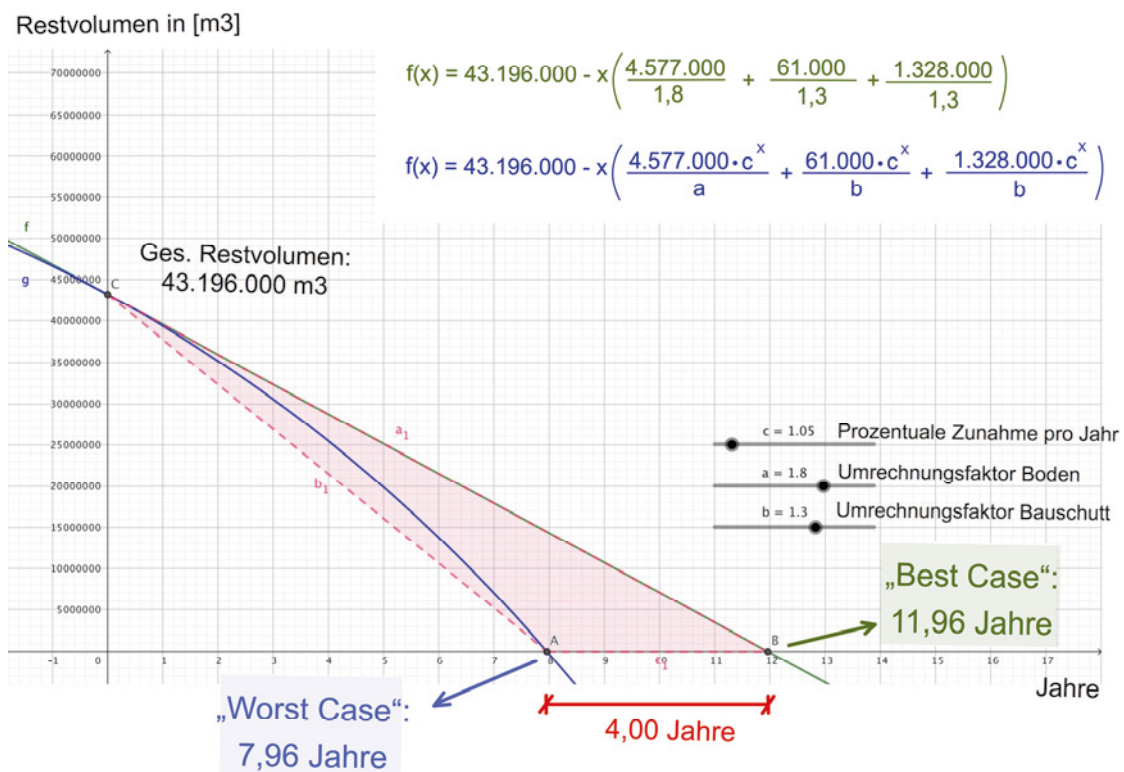


Abbildung 18 Langzeitsimulation Bayern [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 28.04.2024]

¹⁴³ Vgl. Kapitel 1.3, Grundlegende Begriffe, Definition „Entsorgungsnotstand“, S. 9.

Die rechnerische Simulation verdeutlicht, dass die Restvolumina der Bauschutt- und Erddeponien in einem Zeitraum von etwa 8-12 Jahren erschöpft sein werden (Vgl. Abbildung 18). Parallel dazu zeigt sich, dass die Beseitigungsmenge von Bauabfällen in Bayern über den betrachteten Zeitraum leicht monoton zugenommen hat. Etwa 11 bis 13 Prozent der Bauabfälle werden jährlich in bayerischen Deponien entsorgt. Basierend auf den Einschätzungen des Autors und entsprechenden Fachgesprächen wird für den Zeitraum von 2018 bis 2023 ein kontinuierlicher Anstieg der Bauabfallmengen prognostiziert. Ab 2023 prognostizieren Bauexperten jedoch einen Rückgang der Bautätigkeit aufgrund gestiegener Zinsen, begrenzter Baustoffverfügbarkeit und globaler Unsicherheiten. Diese Entwicklungen werden voraussichtlich auch die Menge der Bauabfälle in Bayern beeinflussen. Der Autor entscheidet sich dazu, das „Best-Case“-Szenario als wahrscheinlicheren Verlauf darzustellen, welches einen realen Deponierückgang in Bayern bis 2030 reflektieren würde.

Besonders auffällig ist die hohe Anzahl von Deponien der Klasse DK0 in Bayern, die jedoch nur über geringe Restvolumina pro Deponie verfügen. Im Gegensatz dazu ist das Bundesland mit lediglich 19 Deponien der Klasse DK1 vergleichsweise schlecht ausgestattet. Dies führt zu prekären Transportwegen und Entsorgungskosten für Bauabfälle der Kategorie DK1.

In Anbetracht dieser Erkenntnisse zur Entsorgungssituation in Bayern wird abschließend ein Vergleich mit den Ergebnissen der Deponiebedarfsprognose des Instituts für Abfall, Abwasser, Site und Facility Management e.V. aus dem Jahr 2018 gezogen. Da die Studie auf dem Berichtsjahr 2016 beruht, können die Ergebnisse als wichtige Vergleichswerte herangezogen werden.

Die Studie zur Deponiebedarfsprognose für die Klassen 0, 1 und 2 in Bayern untersucht zwei unterschiedliche Szenarien: das „Basisszenario“ und das „Szenario 2“.¹⁴⁴ Das Basisszenario berücksichtigt verschiedene Entwicklungen, darunter die Dynamik im Wohnungsbau und die damit einhergehende Veränderung der Bauwirtschaft. Hingegen fokussiert das Szenario 2 besonders auf die Auswirkungen der Einführung der Mantelverordnung. Der signifikante Unterschied zwischen den beiden Entsorgungsanalysen „Masterarbeit“ und „Deponiebedarfsprognose“ liegt in der Annahme der Ablagerungsmenge. Während im „Best-Case“-Szenario der Masterarbeit angenommen wird, dass die Ablagerungsmenge konstant bleibt und auf den Daten des Berichtsjahres basiert, geht das Institut für Abfall, Abwasser, Site und Facility Management e.V. in beiden Szenarien von einer Zunahme der Abfallmenge aus.¹⁴⁵

¹⁴⁴ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 98.

¹⁴⁵ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 98.

Die Analyse beginnt mit einem Vergleich der Ergebnisse für die Deponieklasse 1, wobei das Institut für Abfall, Abwasser, Site und Facility Management e.V. im Basisszenario unter der Prämisse, dass sich die Entsorgungswege nicht verändern, eine bayernweite Restlaufzeit für DK1-Deponien bis zum Jahr 2026 ermittelt hat.¹⁴⁶ Diese Restlaufzeit entspräche dem „Worst-Case“-Szenario dieser Masterarbeit. Es ist anzumerken, dass das Institut betont, dass die Restlaufzeiten der einzelnen Deponien erhebliche regionale Unterschiede aufweisen. Darüber hinaus wird darauf hingewiesen, dass Beschränkungen in der Entsorgung mineralischer Abfälle in anderen Bundesländern Auswirkungen auf den Deponiebedarf der Klasse DK1 in Bayern haben könnten:

„Für den Fall, dass die derzeit praktizierte Entsorgung von Bauabfällen nach außerhalb Bayerns (insbesondere DK1-Abfälle) künftig zurückgehen würde, ist eine entsprechende Verkürzung der prognostizierten Restlaufzeiten zu erwarten.“¹⁴⁷

Das Institut erwartet außerdem, dass die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung eine erhebliche Beeinträchtigung der Entsorgungssicherheit nach sich zieht.¹⁴⁸ Die verschärften Regelungen dieser Verordnung könnten zu einer Verlagerung von Mengen von Verfüllungsstätten und Gruben hin zu Deponien führen, was wiederum zu einer drastischen Verkürzung der Laufzeiten für Deponien der Klasse DK1 führen würde:

„Würde die Umsetzung der MantelV im Jahr 2020 erfolgen, so wäre das genehmigte Restvolumen rechnerisch – Annahme ohne Berücksichtigung von Übergangszeiten – sofort verfüllt.“¹⁴⁹

Nach den Berechnungen für Szenario 2 in der Deponiebedarfsprognose zeigt sich eine Restlaufzeit von null Jahren. Mit den Erkenntnissen der Forschungsarbeit im Zuge dieser wissenschaftlichen Studie, muss das Szenario des Institutes wie folgt korrigiert werden. Die Ersatzbaustoffverordnung wurde nicht im Jahr 2020, sondern erst am 01.08.2023 eingeführt. Aufgrund praktischer Umsetzungsschwierigkeiten der Verordnung wurden entsprechende Modifikationen in Form einer Änderungsverordnung vorgenommen. Wie bereits in Kapitel 2.5.2 ausführlich erläutert, wurde eine Übergangsfrist für Verfüllungsstätten und Gruben in die Verordnung integriert. Bis zum Jahr 2031 dürfen diese Anlagen gemäß den aktuellen Regelungen der LAGA M20 verfüllt werden. Erst ab 2031 unterliegen sie nicht mehr den Einbauklassen der LAGA M20, sondern den Vorschriften der Ersatzbaustoffverordnung.

¹⁴⁶ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 99.

¹⁴⁷ (Becker, et al., 2018), S. 102, Absatz 5.

¹⁴⁸ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 99.

¹⁴⁹ (Becker, et al., 2018), S. 99, Absatz 4.

Jegliche erwarteten Mengenverschiebungen dürften somit erst nach 2031 eintreten, sofern bis dahin noch Deponievolumina der Klasse DK1 verfügbar sind.

Im Kontext des Vergleichs der Ergebnisse für DK1-Deponien erfolgt im Folgenden eine Betrachtung der DK0-Deponien. Unter Berücksichtigung des vom Institut angenommenen Anstiegs der Bauabfallmengen ergibt sich im Basisszenario für die Deponieklasse 0 ebenfalls eine Restlaufzeit für Bayern bis zum Jahr 2026 (vgl. Abbildung 19).¹⁵⁰ Es sei darauf hingewiesen, dass auch in diesem Fall die Restlaufzeiten in verschiedenen Regierungsbezirken teils erheblich darunter liegen. Bei der Betrachtung der Auswirkungen der Mantelverordnung (Szenario 2) prognostiziert das Institut, dass die bayernweite Restlaufzeit der DK0-Deponien von 2026 auf 2022 sinken würde. Diese Prognose kann jedoch anhand der zuvor erläuterten Ausführungen als nicht zutreffend betrachtet werden. Sie verdeutlicht jedoch, dass die Einführung der Ersatzbaustoffverordnung erhebliche Auswirkungen auf die Entsorgungssicherheit haben wird.



Abbildung 19 Prognostizierte Entwicklung von Restvolumen und Deponiebedarf für DK0 in Bayern
((Becker, et al., 2018), S. 73, Abbildung 33)

Der Vergleich der zwei Entsorgungsanalysen „Masterarbeit“ und „Deponiebedarfsanalyse in Bayern“ vom Institut für Abfall, Abwasser, Site und Facility Management e.V. aus dem Jahr 2018 hat wichtige Erkenntnisse hervorgebracht. Trotz unterschiedlicher Annahmen in den Simulationen zeigen die Ergebnisse eine große Übereinstimmung. Der wesentliche Unterschied in den Ergebnissen lässt sich vor allem auf die Annahme eines kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Anstiegs des Abfallaufkommens zurückführen. Der Autor gelangt jedoch zu der Einschätzung, dass die Entsorgung von DK0 und DK1 Abfällen bis zum Jahr 2030 möglich sei.

¹⁵⁰ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 99.

Diese Schlussfolgerung basiert auf der geminderten gegenwärtigen Bauaktivität in den Jahren 2023 und 2024, welche auf einen signifikanten Rückgang der Beseitigungsmenge hindeutet. Dennoch unterstreichen die Resultate beider Studien den dringenden Bedarf an zusätzlichem Deponievolumen für die Klassen DK0 und DK1 in Bayern. Die Auswirkungen des Endes der Übergangsfristen und das Inkrafttreten der Ersatzbaustoffverordnung im Jahr 2031 für Verfüllungen und Gruben werden die bereits angespannte Entsorgungssituation für mineralische Bauabfälle weiter verschärfen, was zu einem erheblichen zusätzlichen Bedarf an Deponieraum führen wird. Eine weitere Verschärfung der Entsorgungssituation in anderen Bundesländern könnte zudem zu einer Verringerung der bisherigen Praxis der Bauabfallentsorgung außerhalb Bayerns führen, was wiederum ebenfalls mit einer verkürzten Restlaufzeit und einem gesteigerten Bedarf an zusätzlichem Deponieraum einhergehen wird.

3.2.2 Nordrhein-Westfalen

Im Kontext dieser Untersuchung erfolgt an zweiter Stelle die Entsorgungsanalyse für das Bundesland mit dem zweithöchsten baugewerblichen Umsatz in Deutschland, nämlich Nordrhein-Westfalen. Diese Analyse basiert auf einem Fachbericht des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LANUV), welcher erstmals im Februar 2023 veröffentlicht wurde und somit höchste Aktualität aufweist. Aufgrund der Aktualität und Herkunft des Berichts von der Erhebungsstelle für Abfalldaten in Nordrhein-Westfalen wird auf weitere Berichte zur Untersuchung der Entsorgungssituation für Bau- und Abbruchabfälle verzichtet. Ziel dieses Berichts ist es, eine umfassende und transparente Darstellung der Deponiesituation in Nordrhein-Westfalen zu bieten. Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz betont, dass dieser Bericht als Informationsgrundlage sowie als Basis für Abschätzungen zur Entwicklung der Deponiekapazitäten und möglichen Bedarfen dienen soll.¹⁵¹ Für die Bewertung der Entsorgungssicherheit im Kontext der Studienarbeit ist er daher als sehr gute Informationsquelle anzusehen.

Es ist von besonderer Relevanz anzumerken, dass der vorliegende Bericht exklusiv auf die Deponiesituation in Nordrhein-Westfalen fokussiert ist. Infolgedessen beschränkt sich die Betrachtung ausschließlich auf die Abfälle, die auf Deponien entsorgt wurden.¹⁵² Der vorliegende Bericht des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz weist die Gesamtmenge der in Nordrhein-Westfalen angefallenen Bau- und Abbruchabfälle nicht aus. In konsequenter Folge werden auch die Abfälle, die einer Verwertung in übertägigen Abbaustätten, dem Deponiebau, dem Recycling oder der Rekultivierung zugeführt wurden, in dieser Analyse nicht berücksichtigt. Da die Masterarbeit jedoch explizit auf die Abfälle fokussiert ist, die in Deponien der Klassen DK0 und DK1 beseitigt werden, wurde die Recherche der Gesamtabfallmenge, bestehend aus Abfällen zur Verwertung und zur Beseitigung, bewusst nicht durchgeführt.

Im betrachteten Zeitraum von 2010 bis 2020 wurden in Nordrhein-Westfalen durchschnittlich rund 18 Millionen Tonnen Abfall pro Jahr an Deponien angeliefert.¹⁵³ Bei mehr als der Hälfte der im Jahr 2020 an Deponien in Nordrhein-Westfalen angelieferten Abfälle handelt es sich um Bau- und Abbruchabfälle der AVV-Kategorie 17.¹⁵⁴

¹⁵¹ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 4.

¹⁵² Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 4.

¹⁵³ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 4.

¹⁵⁴ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 34.

Die durchschnittliche jährliche Menge der abgelagerten Bau- und Abbruchabfälle lag von 2010 bis 2020 bei etwa 8,4 Millionen Tonnen. Beachtenswert ist dabei, dass die Abfallmenge über die Jahre hinweg weder einen steigenden noch einen fallenden Trend aufweist.¹⁵⁵

Ein bedeutender Anteil der Gesamtabfallmenge, knapp ein Viertel, entfällt auf Abfälle aus thermischen Prozessen. Hierbei handelt es sich um Rost- und Kesselasche, Schlacken oder Kesselstaub, die vorrangig durch den Braunkohleabbau in Nordrhein-Westfalen verursacht werden.¹⁵⁶ Nordrhein-Westfalen beheimatet die größten Tagebaue Deutschlands, darunter die Tagebaue Garzweiler und Hambach. Der Braunkohleabbau selbst erzeugt jedoch nicht direkt die thermischen Abfälle, sondern sind es die nachfolgenden Verbrennungsprozesse in Kohlekraftwerken. Die hohe Menge an Abfällen aus thermischen Prozessen deutet bereits an, dass dem Bundesland aufgrund der großen Tagebauen eine gewisse Sonderstellung in Bezug auf die Abfallmenge aber auch in Bezug auf die Deponievolumen zukommt. Der Einfluss der Tagebaue auf das benötigte Deponievolumen ist groß und zeigt sich beispielsweise darin, dass von 2010 bis 2019 die größte Menge an Abfällen auf Braunkohlekraftwerksreststoffdeponien entsorgt wurde. Diese Braunkohlekraftwerksreststoffdeponie werden der Deponieklasse DK1 zugeordnet.¹⁵⁷

Aufgrund der herausragenden Bedeutung von thermischen Abfällen in Nordrhein-Westfalen, die ebenfalls auf Deponien der Klasse DK1 entsorgt werden, muss die Berechnung der Entsorgungssicherheit unter scharfer Trennung der Abfallarten durchgeführt werden. In den übrigen Bundesländern ist die Menge an Abfällen, abgesehen von Bau- und Abbruchabfällen, die auf DK0 und DK1 Deponien entsorgt werden, so gering, dass sie vernachlässigbare Auswirkungen auf die Restlaufzeit haben. Da thermische Abfälle in Nordrhein-Westfalen nach Bau- und Abbruchabfällen die zweitgrößte Abfallkategorie darstellen, müssen sie genauer untersucht werden und gegebenenfalls das Deponievolumen aufgeteilt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Gruppe mit der Abfallschlüsselnummer AVV 10 einen erheblichen Anteil am Deponievolumen beansprucht. Tabelle 2 verdeutlicht die Menge an Bau- und Abbruchabfällen sowie die Menge an thermischen Abfällen aus dem Berichtsjahr 2020.

¹⁵⁵ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 34.

¹⁵⁶ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 34.

¹⁵⁷ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 31.

Tabelle 2 An Deponien der Klasse DK0 und DK1 angelieferte Abfallmenge in 2020
[in Anlehnung an (Reppold & Trapp, 2023), S. 39 ff.]

Abfall	Abfallschlüssel	Abfallart	Menge [t]
	17 01	Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik	966.981
Bauschutt	17 01 01	Beton	57.965
	17 01 02	Ziegel	5.842
	17 01 03	Fliesen, Ziegel und Keramik	19.959
	17 01 07	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 01 06 fallen	883.215
	17 03	Bitumengemische, Kohlentee und teerhaltige Produkte	750.019
Straßenaufbruch (Asphalt)	17 03 01 *	kohlenteerhaltige Bitumengemische	242.774
	17 03 02	Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	507.245
	17 05	Boden, Steine und Baggergut	4.874.498
Boden	17 05 03 *	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten	172.807
	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen	4.648.577
	17 05 07 *	Gleisschotter, der gefährliche Stoffe enthält	53.114
Gesamtmenge (AVV 17):			6.591.498
	10 01	Abfälle aus Kraftwerken und Verbrennungsanlagen	
Asche	10 01 01	Rost- und Kesselasche, Schlacken und Kesselstaub	2.536.780

Gemäß Tabelle 2 belief sich die Gesamtmenge der auf Deponien abgelagerten Bau- und Abbruchabfälle im Jahr 2020 auf 6,59 Millionen Tonnen. Hierbei nimmt der Bodenaushub mit 4,87 Millionen Tonnen den größten Anteil ein, gefolgt von Bauschutt mit 0,97 Millionen Tonnen und Straßenaufbruch mit 0,75 Millionen Tonnen. Zusätzlich wurden Abfälle aus Kraftwerken oder Verbrennungsanlagen, welche auf DK1 Deponien entsorgt wurden, in einer Menge von 2,54 Millionen Tonnen verzeichnet. In den Bautabellen für Ingenieure ist für Braunkohleasche ein Umrechnungsfaktor von 0,49 Tonnen pro Kubikmeter angegeben.¹⁵⁸ Aufgrund der geringen Materialdichte nehmen diese Abfälle pro Tonne ein wesentlich größeres Volumen in Anspruch.

Im nächsten Schritt der Entsorgungsanalyse für das Bundesland Nordrhein-Westfalen erfolgt die Darlegung der Deponievolumina. Die Anzahl der Deponien in diesem Bundesland hat sich im Zeitraum von 2002 bis 2006 von 312 auf 193 reduziert.¹⁵⁹ Besonders signifikant war der Rückgang bei Deponien der Klasse DK2 in diesem Zeitraum. Bis zum Jahr 2009 setzte sich dieser Trend fort, und die Zahl der Beseitigungsanlagen verringerte sich weiter von 193 auf 136 Deponien.¹⁶⁰ Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz führt die Ursachen für diesen erheblichen Rückgang zu Beginn des 21. Jahrhunderts hauptsächlich auf das Inkrafttreten der neuen Deponieverordnung, die Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes sowie die Vorgaben der europäischen Abfallrahmenrichtlinie zurück.¹⁶¹

Seit dem Jahr 2009 hat sich dieser massive Deponierückgang jedoch deutlich reduziert, sodass im Jahr 2020 noch 126 Deponien im Bundesland verfügbar waren. Etwa 60 Prozent dieser Deponien fallen in die Klasse DK0, während rund 20 Prozent der Klasse DK1 zugeordnet sind. Die Klassen DK2 und DK3 machen etwa 13 Prozent beziehungsweise sieben Prozent aus.¹⁶² Bezogen auf die Deponien der niedrigsten Klasse existieren zum Stichtag der Datenerhebung am 31.12.2020 insgesamt 77, mit einem genehmigten Restvolumen von 32,78 Millionen Kubikmetern.¹⁶³ Die überwiegende Anzahl dieser Deponien befindet sich, wie aus Tabelle 3 hervorgeht, in den Regierungsbezirken Detmold und Arnsberg.

¹⁵⁸ Vgl. (Schneider, et al., 2018), 3.15 Eigenlasten / Einwirkungen auf Tragwerke, 8.2 Lagerstoffe.

¹⁵⁹ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 5.

¹⁶⁰ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 5.

¹⁶¹ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 5.

¹⁶² Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 6.

¹⁶³ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 7.

Tabelle 3 Anzahl und Restvolumen der DK0 Deponien in Nordrhein-Westfalen (Stand: Juli 2022)
((Reppold & Trapp, 2023), S. 7, Tabelle 2.)

Regierungsbezirk	Deponien der Deponieklasse 0			
	Anzahl	Anteil in [%]	Genehmigtes Restvolumen (31.12.2020)	
			Insgesamt	
			m ³	%
Düsseldorf	8	10 %	4.242.554	13 %
Köln	16	21 %	1.413.954	4 %
Münster	0	0 %	0	0 %
Detmold	30	39 %	16.698.485	51 %
Arnsberg	23	30 %	10.425.215	32 %
NRW	77	100 %	32.780.208	100 %

Neben den DK0 Deponien weist Nordrhein-Westfalen 29 Deponien der Klasse DK1 auf. Hierbei ist von besonderer Relevanz, dass vier dieser 29 Deponien im Regierungsbezirk Köln ausschließlich für die Lagerung von Reststoffen aus Braunkohlekraftwerken vorgesehen sind. Diese spezifischen Deponien weisen ein genehmigtes Restvolumen von etwa 93 Millionen Kubikmetern auf. Da jedoch in diesen Deponien keine Beseitigung von Bau- und Abbruchabfällen gestattet ist, muss dieses Deponievolumen von der Gesamtmenge abgezogen werden. Bei ausschließlicher Betrachtung der verbleibenden 25 Deponien für Bau- und Abbruchabfälle ergibt sich ein genehmigtes Restvolumen von circa 36,7 Millionen Kubikmetern.¹⁶⁴

Die essenziellen Daten für die Deponieklasse DK1 können der Tabelle 4 entnommen werden.

¹⁶⁴ Vgl. (Reppold & Trapp, 2023), S. 12.

Tabelle 4 Anzahl und Restvolumen der DK1 Deponien in Nordrhein-Westfalen (Stand: Juli 2022)
((Reppold & Trapp, 2023), S. 12, Tabelle 4.)

Regierungsbezirk	Deponien der Deponieklasse 1			
	Anzahl	Anteil in [%]	Genehmigtes Restvolumen (31.12.2020)	
			Insgesamt	
			m ³	%
Düsseldorf	5	17 %	15.474.375	12 %
Köln	9	31 %	103.886.601	80 %
davon Braunkohle- kraftwerksreststoffe	4	44 %	93.120.000	90 %
Münster	1	3 %	410.000	0 %
Detmold	3	10 %	1.006.170	1 %
Arnsberg	11	38 %	9.092.646	7 %
NRW	29	100 %	129.869.792	100 %
Deponien für AVV 17	25	86 %	36.749.792	28,30 %

Im Rahmen der Beschreibung der Abfallmenge zu Beginn dieses Kapitels wurde bereits auf die herausragende Bedeutung der thermischen Abfälle in Nordrhein-Westfalen hingewiesen. Es wurde ebenfalls festgestellt, dass diese Abfälle nicht einfach bei der Berechnung der Restlaufzeit von DK0 und DK1 Deponien vernachlässigt werden können. Es besteht die Notwendigkeit, entweder die thermischen Abfälle zu den Bau- und Abbruchabfällen zu zählen oder die Deponievolumina separat auszuweisen. Dank einer präzisen Datenerhebung des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz ist eine klare Trennung der Deponievolumina gemäß Tabelle 4

möglich. Somit werden die thermischen Abfälle nicht in die rechnerische Langzeitsimulation der verbleibenden Deponievolumina einbezogen.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass im Bundesland Nordrhein-Westfalen für die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen insgesamt 77 Deponien der Klasse DK0 mit einem verbleibenden Volumen von 32,78 Millionen Kubikmetern sowie 25 Deponien der Klasse DK1 mit einem Restvolumen von 36,75 Millionen Kubikmetern zur Verfügung stehen. Das Volumen von 93,12 Millionen Kubikmetern, welches den Deponien der Klasse DK1 zugeordnet ist, findet keine Berücksichtigung in der vorliegenden Bewertung.

Abfall	Abfallschlüssel	Abfallart	Menge [t]
	17 01	Beton, Ziegel, Fliesen	966.981
Bauschutt	17 01 01	Beton	57.965
	17 01 02	Ziegel	5.842
	17 01 03	Fliesen, Ziegel und Keramik	19.959
	17 01 07	Gemische aus Beton, ...	883.215
	17 03	Bitumengemische, ...	750.019
Straßenaufbruch (Asphalt)	17 03 01 *	Kohlenteerhaltige Gemische	242.774
	17 03 02	Bitumengemische	507.245
	17 05	Boden, Steine, ...	4.874.498
Boden	17 05 03 *	Boden und Steine	172.807
	17 05 04	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 05 03 fallen	4.648.577
	17 05 07 *	Gleisschotter	53.114
Gesamtmenge:			6.591.498

Restvolumen nach LANUV-Fachbericht 2020:



Deponieklasse 0:

Mineralische Abfälle
(z.B. unbelasteter Erdaushub)

Restvolumen: 32.780.208 m3

Deponieklasse 1:

(Mäßig belasteter Erdaushub oder Bauschutt)

Restvolumen: 36.749.792 m3

Deponieklasse 2:

(Regeldeponie für vorbehandelten Hausmüll)

Restvolumen: 37.429.599 m3

Abbildung 20 Abfallaufkommen und Deponievolumen in NRW [Eigene Darstellung, 04.05.2024]

In dem Fachbericht zur Deponiesituation in Nordrhein-Westfalen, verfasst durch das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz, wird dargelegt, dass das Aufkommen an Abfällen über einen Zeitraum von mehr als zehn Jahren nahezu konstant geblieben ist. Angesichts des Fehlens eines erkennbaren Trends in Bezug auf Zuwachs oder Abnahme der deponierten Abfallmengen wird die Langzeitsimulation ausschließlich auf das Best-Case Szenario fokussiert. Zusätzlich deutet der aktuelle Rückgang der Bauaktivität ebenfalls auf einen stabilen beziehungsweise leicht rückläufigen Trend hin. Die Analyse der Restlaufzeiten unter der Annahme einer potenziellen Zunahme der Abfallmengen (Worst-Case Szenario) wird demnach für das Bundesland Nordrhein-Westfalen vernachlässigt.

Restlaufzeit der Deponien in Nordrhein-Westfalen:

- Beseitigungsmenge 2020: 6.591.498 Tonnen
davon:
 - AVV 17 05 - Bodenaushub: 4.874.498 Tonnen
 - AVV 17 03 – Straßenaufbruch: 750.019 Tonnen
 - AVV 17 01 – Bauschutt: 966.981 Tonnen
- Restvolumen DK0: 32.780.208 Kubikmeter
- Restvolumen DK1: 36.749.792 Kubikmeter

- Dichte Bodenaushub: 1,80 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)
- Dichte Bauschutt/Straßenaufbruch: 1,30 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)

Berechnung „Best-Case“-Szenario:

1. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 05 – Bodenaushub):

$$\frac{4.874.498 \frac{t}{Jahr}}{1,80 \frac{t}{m^3}} = 2.708.054 \frac{m^3}{Jahr}$$

2. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 03 – Straßenaufbruch):

$$\frac{750.019 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 576.938 \frac{m^3}{Jahr}$$

3. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 01 – Bauschutt):

$$\frac{966.981 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 743.832 \frac{m^3}{Jahr}$$

4. Restlaufzeit der Deponien (Klasse DK0 und DK1) in NRW:

$$\frac{\text{Restvolumen}}{\text{Abfallmenge}} = \frac{32.780.208 m^3 + 36.749.792 m^3}{2.708.054 \frac{m^3}{Jahr} + 576.938 \frac{m^3}{Jahr} + 743.832 \frac{m^3}{Jahr}} = \mathbf{17,26 Jahre}$$

Unter der Annahme einer konstanten Abfallmenge verfügt Nordrhein-Westfalen im optimalen Szenario über ausreichende Deponiekapazitäten für einen Zeitraum von 17,26 Jahren bis zum Jahr 2037. In dieser Simulationsstudie wurde zudem davon ausgegangen, dass weder eine Erweiterung noch eine Neugenehmigung von Deponiekapazitäten der Klasse DK0 und DK1 erfolgt. Der Ausschnitt des Grafikfensters für die Langzeitsimulation wird in Abbildung 21 dargestellt. Parallel dazu wurde auch die Restlaufzeit der Deponien für Braunkohlekraftwerksreststoffe (DK1) bei einer jährlichen Ablagerungsmenge von 2,54 Millionen Tonnen simuliert (siehe Funktion $s(x)$ in Abbildung 21). Die Restlaufzeit der DK1-Deponien für thermische Abfälle aus den Braunkohlekraftwerken beläuft sich auf knapp 18 Jahre.

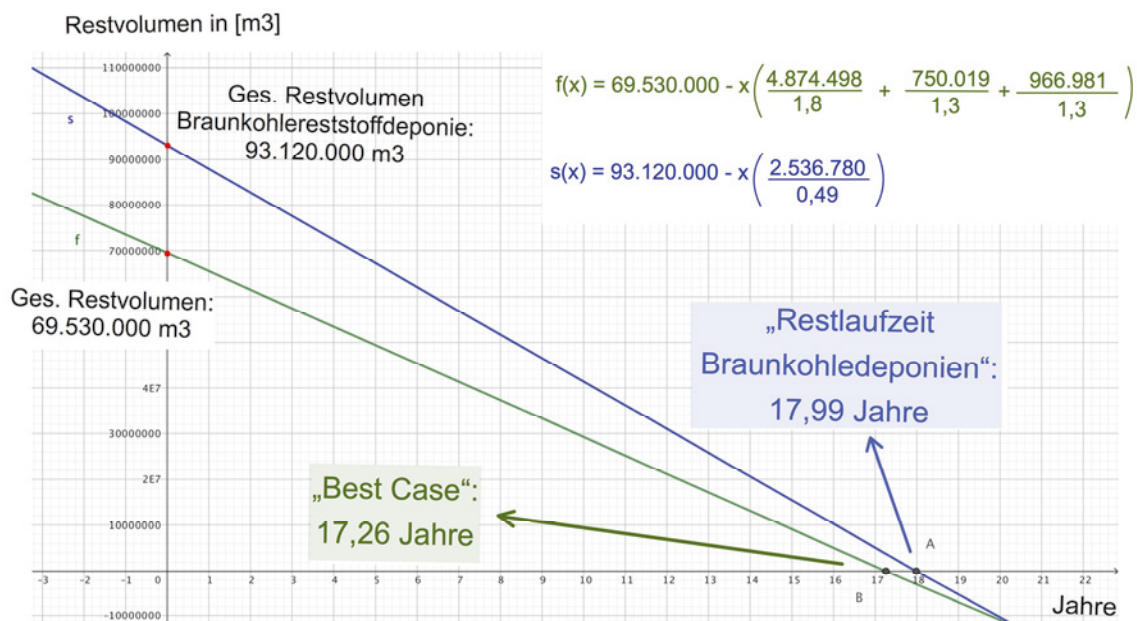


Abbildung 21 Langzeitsimulation NRW [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 05.05.2024]

Zusammenfassend lässt sich für Nordrhein-Westfalen feststellen, dass die Menge der Bau- und Abbruchabfälle, die auf Deponien beseitigt wurde, seit dem Jahr 2010 eine gleichbleibende Entwicklung aufweist. Bau- und Abbruchabfälle nehmen dabei mit einem Durchschnitt von 8,4 Millionen Tonnen pro Jahr etwa die Hälfte aller beseitigten Abfälle ein. Ein bedeutender Anteil, knapp ein Viertel der beseitigten Abfälle, entstammt thermischen Prozessen, die mit dem Abbau und der Verbrennung von Kohle in Verbindung stehen.

Die Anzahl der Deponien hat zu Beginn des 21. Jahrhunderts signifikant abgenommen, wobei seit 2009 lediglich ein geringfügiger Rückgang zu verzeichnen ist. Nordrhein-Westfalen zeichnet sich durch eine hohe Stückzahl an DK0-Deponien aus. Im Gegensatz dazu ist die Stückzahl der DK1-Deponien deutlich geringer. Interessanterweise weisen diese jedoch ein erheblich größeres Restvolumen auf. Von den insgesamt 29 DK1 Deponien werden vier ausschließlich für die Ablagerung von Reststoffen aus Braunkohlekraftwerken genutzt. Diese vier Deponien verfügen über das größte genehmigte Restvolumen von etwa 93,1 Millionen Kubikmetern. Unter Berücksichtigung der getroffenen Annahmen in der Langzeitsimulation ergibt sich für Bau- und Abbruchabfälle ein rechnerisches Restvolumen bis zum Jahr 2037. Auch für thermische Abfälle reicht das Restvolumen der vier DK1 Deponien bis zum Jahr 2038 aus.

Abschließend lässt sich schlussfolgern, dass auf Basis dieser Studie in Nordrhein-Westfalen derzeit kein akuter Handlungsbedarf zur Entsorgungssituation besteht. Es ist wichtig zu betonen, dass das Bundesland aufgrund seiner riesigen Tagebaue eine Sonderstellung bezüglich Deponiekapazitäten und Abfallaufkommen im Bereich der Deponieklassen DK0 und DK1 einnimmt. Es kann konstatiert werden, dass ein Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Nordrhein-Westfalen vorerst als unwahrscheinlich anzusehen ist.

3.2.3 Baden-Württemberg

Im anschließenden Abschnitt der Forschungsarbeit wird die Entsorgungssicherheit des Bundeslandes Baden-Württemberg untersucht. Mit einem baugewerblichen Umsatz im Bauhauptgewerbe von 20 Milliarden Euro nimmt Baden-Württemberg den dritten Rang unter den bauwirtschaftlich führenden Bundesländern Deutschlands ein. Die Durchführung einer Literaturrecherche schälte als Datengrundlage eine Entsorgungskonzeption für zu beseitigende mineralische Abfälle, welche vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft in Baden-Württemberg erstellt wurde, hervor. Der Bericht, unter dem Titel „Landesdeponiekonzeption Baden-Württemberg“, wurde in enger Abstimmung mit den kommunalen Landesverbänden erarbeitet und fungiert als Teilplan des Abfallwirtschaftsplans. Diese Studie wurde erstmals im Januar 2021 vom Umweltministerium veröffentlicht und stellt die aktuellsten Daten im Bereich Deponierung und Abfallmenge mineralischer Abfälle dar.

Das Ziel der Konzeption bestand darin, eine umfassende landesweite Analyse der Deponiesituation durchzuführen, um den Bedarf an Deponiekapazitäten für den Wirtschaftsstandort Baden-Württemberg zu ermitteln. Grundsätzlich obliegt es den öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträgern, eine ausreichende Deponieinfrastruktur in Baden-Württemberg bereitzustellen. Seit 2015 zeigt sich jedoch eine zunehmende Knappheit der Deponiekapazitäten im Bundesland, was die Landesregierung und die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger dazu veranlasst hat, gemeinsam eine Planungs- und Entscheidungsgrundlage zu erarbeiten.¹⁶⁵

Basierend auf den Daten dieses Berichts wird im Folgenden eine Entsorgungsanalyse durchgeführt, bei der die Restkapazitäten durch rechnerische Simulation ermittelt werden. Um die Aussagekraft der Ergebnisse zu maximieren, erfolgt diese Berechnung unabhängig von den Resultaten der „Landesdeponiekonzeption Baden-Württemberg“. Eine Vergleichsanalyse zwischen den Forschungsergebnissen wird erst in der Zusammenfassung und Auswertung vorgenommen. Dieses Vorgehen entspricht dem Ansatz, der bereits in der Entsorgungsanalyse Bayerns in Kapitel 3.2.1 angewandt wurde und gewährleistet eine hohe Validität der Ergebnisse.

Bevor die eigentliche Analyse beginnt, ist eine spezifische Besonderheit bezüglich Baden-Württembergs zu erwähnen. Neben der Definition der Entsorgungssicherheit und eines Entsorgungsnotstands aus Kapitel 1.3 dieser Studienarbeit legt das Bundesland den Zeitraum für die Gewährleistung der Entsorgungssicherheit auf zehn Jahre fest. Gemäß §16 Abs. 1 Nr. 5 des Landesabfallgesetzes Baden-Württemberg (LAbfG BW) sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger verpflichtet, in einem Abfallwirtschaftskonzept die Sicherstellung der Entsorgung für mindestens zehn Jahre darzule-

¹⁶⁵ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 1.

gen. Sollte diese Zeitspanne nicht sichergestellt werden können, erfordert dies konkreten Handlungsbedarf.¹⁶⁶

Die "Landesdeponiekonzeption Baden-Württemberg" stützt sich auf Daten aus dem Berichtszeitraum von 2015 bis 2018. Seit 2015 hat das Umweltministerium die Datenerhebung zu den auf Deponien in Baden-Württemberg abgelagerten Abfällen schrittweise ausgebaut, um den landesweiten Bedarf an Deponiekapazitäten zu evaluieren. Neben den abgelagerten Abfallmengen und den verbleibenden Restvolumina zielt diese vertiefte Datenerhebung darauf ab, den Ursprungsort der Abfälle nach Stadt- und Landkreisen zu erfassen.¹⁶⁷ Somit standen zum Zeitpunkt der Erstellung der Landesdeponiekonzeption im Jahr 2021 valide Daten für das Basisjahr 2018 zur Verfügung.

Nach der Darstellung der zugrunde liegenden Daten und Berichte wird im Anschluss die Analyse der erfassten Abfallmenge in Baden-Württemberg für das Jahr 2018 durchgeführt. Gemäß den vorherigen Erläuterungen (siehe Kapitel 3.1) liegt der Fokus auf den Abfällen der Kategorie AVV 17. Um einen Überblick der Entsorgungssituation in Baden-Württemberg zu erhalten, wird zunächst die Gesamtmenge der entsorgten Bau- und Abbruchabfälle untersucht.

Im Jahr 2018 fielen in Baden-Württemberg insgesamt etwa 50,6 Millionen Tonnen an mineralischen und nicht mineralischen Abfällen an, von denen etwa 40 Millionen Tonnen den Bau- und Abbruchabfällen zugeordnet werden können. Diese Bau- und Abbruchabfälle machen mit 79 % der Gesamtabfallmenge einen signifikanten Anteil aus, der deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 55 % liegt (s. Abbildung 1). Die Bau- und Abbruchabfälle setzen sich zu etwa zwei Dritteln aus Bodenaushub und zu einem Drittel aus Bauschutt und Straßenaufbruch zusammen. Wie auch landesweit üblich, wird der Großteil der Bau- und Abbruchabfälle in Baden-Württemberg einer Verwertung zugeführt, wobei im Jahr 2018 etwa 34,2 Millionen Tonnen verwertet wurden.¹⁶⁸ Das Umweltministerium Baden-Württemberg äußert an dieser Stelle aufgrund der beträchtlichen Verwertungsmenge Bedenken hinsichtlich einer möglichen Veränderung der Verwertungsquote:

„Aus der Gesamtmenge von 34,2 Millionen Tonnen wird deutlich, dass bereits geringfügige Verschiebungen der Verwertungsquoten eine erhebliche Auswirkung auf die Deponieplanung haben. Es ist zu prüfen, inwiefern es durch Rechtsänderungen zu relevanten Veränderungen bei der Verwertungsquote kommen kann.“¹⁶⁹

¹⁶⁶ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 3.

¹⁶⁷ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 8.

¹⁶⁸ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 11.

¹⁶⁹ (Pfeifer, 2021), S. 11, Absatz 3.

Die gesamte Menge der deponierten Abfälle verteilt sich auf ungefähr 5,4 Millionen Tonnen Bodenaushub und etwa 0,4 Millionen Tonnen Bauschutt und Straßenaufbruch.¹⁷⁰ Die vorliegende Studie des Umweltministeriums unterscheidet in ihrer Datenerfassung nicht zwischen Bauschutt (AVV 17 01) und Straßenaufbruch (AVV 17 03). Aufgrund ähnlicher Umrechnungsfaktoren für diese Abfallarten wird ebenfalls auf eine weitere Differenzierung verzichtet. Die Aufschlüsselung der Gesamtmenge der entsorgten Bau- und Abbruchabfälle in verschiedene Abfallgruppen wird in Abbildung 22 veranschaulicht.

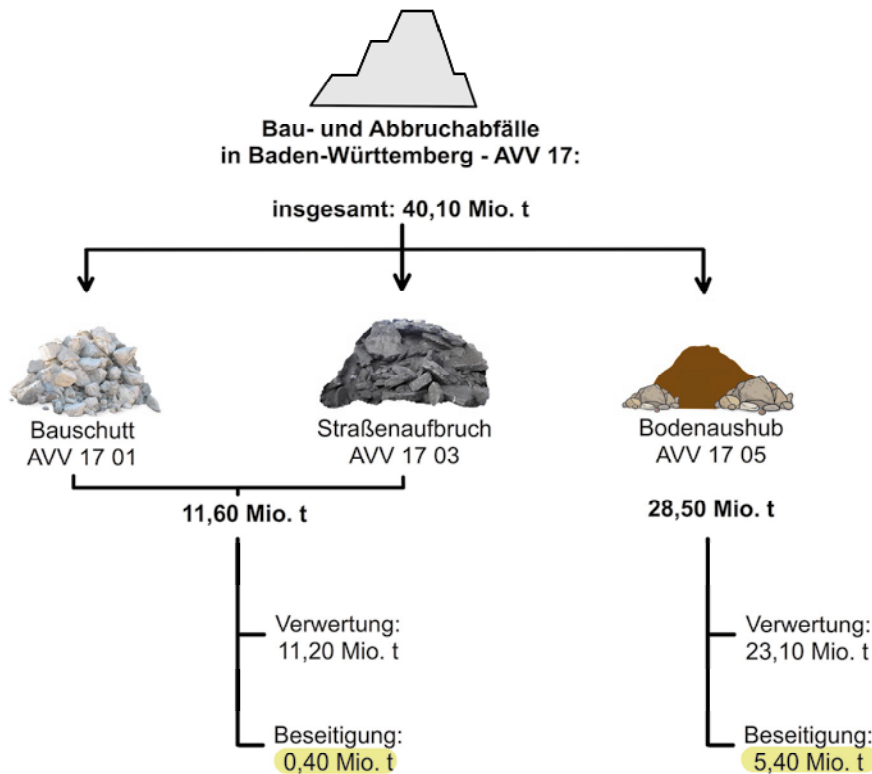


Abbildung 22 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018
[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Pfeifer, 2021), 09.05.2024]

Nach der Herausfilterung der Abfallmenge in den relevanten Abfallgruppen für das Berichtsjahr 2018 erfolgt als nächster Schritt die Untersuchung der verbleibenden verfügbaren Deponievolumina. Laut der Abfallbilanz von 2018 stehen in Baden-Württemberg 275 Deponiestandorte der Deponieklasse DK0 für die Entsorgung mineralischer Bau- und Abbruchabfälle zur Verfügung.¹⁷¹ Bei der Betrachtung der Deponiestandorte ist zu erkennen, dass sich die Deponien über das gesamte Bundesland relativ gleichmäßig verteilen. Zum Zeitpunkt der Datenerfassung beläuft sich das verbleibende Restvolumen der Deponieklasse DK0 auf 32,11 Millionen Kubikmeter. Darüber hinaus befinden sich 19,40 Millionen Kubikmeter in der Planungs- und Genehmigungsphase.¹⁷²

¹⁷⁰ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 12.

¹⁷¹ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 5.

¹⁷² Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 26, Tabelle 10.

Damit dieses Volumen für die Beseitigung von Bau- und Abbruchabfällen zur Verfügung steht, muss die Deponie jedoch zuvor ausgebaut werden. Aus diesem Grund wird es für die Bewertung der Entsorgungssicherheit weder im „Best-Case“ noch im „Worst-Case“-Szenario berücksichtigt.

Für die Entsorgung von mineralischen Bau- und Abbruchabfällen mit höheren Kontaminationen stehen in Baden-Württemberg 14 Deponiestandorte der Klasse DK1 zur Verfügung, wobei das ausgebaute Restvolumen 1,82 Millionen Kubikmeter beträgt.¹⁷³ Zusätzlich befinden sich 3,15 Millionen Kubikmeter in der Planungs- und Genehmigungsphase, für dieses Volumen gelten dieselben Einschränkungen wie im vorherigen Absatz beschrieben.¹⁷⁴ Die Lage der Deponiestandorte zeigt eine sehr ungleichmäßige Verteilung über das gesamte Land, wobei insbesondere in den badischen Regierungsbezirken sowie im Norden des Regierungsbezirkes Stuttgart deutliche Engpässe an DK1-Deponien festzustellen sind. Diese Engpässe in einigen Regionen führen zu erheblichen Erhöhungen der Transportentfernungen und folglich der Entsorgungskosten. Eine anschauliche Darstellung der landesweiten Verteilung der DK1-Deponien ist in der folgenden Abbildung zu finden.

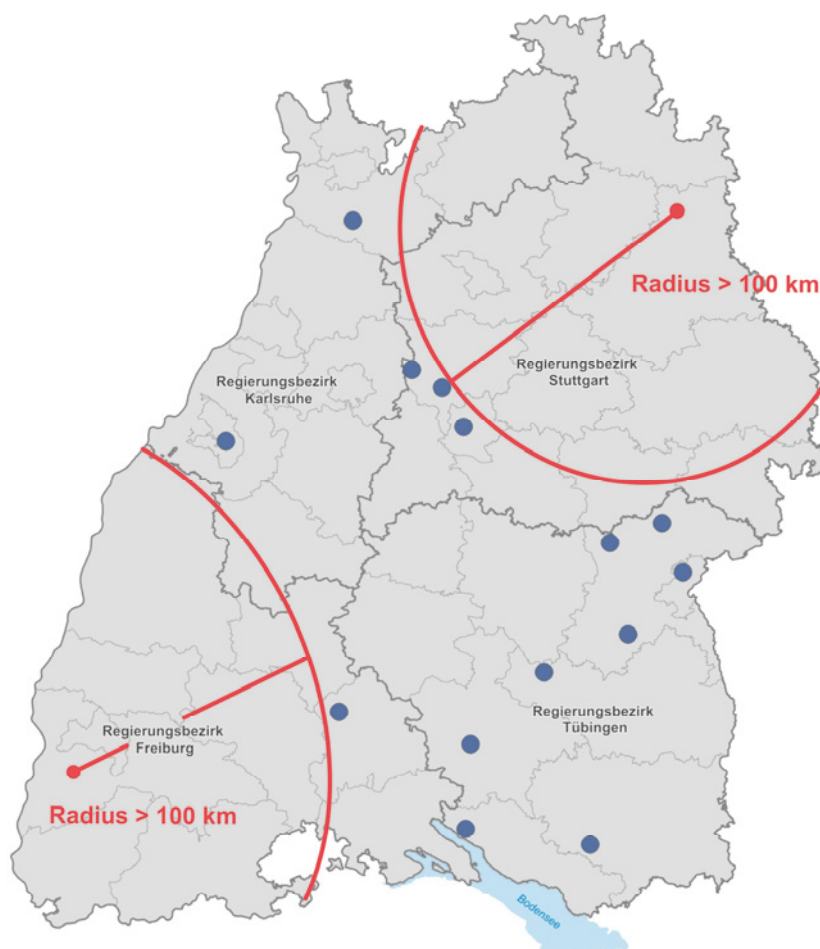


Abbildung 23 Deponiestandorte DK1 in Baden-Württemberg [(Pfeifer, 2021), S. 6, Abbildung 2]

¹⁷³ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 20, Tabelle 7.

¹⁷⁴ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 20, Tabelle 7.

Neben den DK0- und DK1-Deponien verfügt das Bundesland über 22 Deponien der Deponieklasse DK2, mit einem ausgebauten Restvolumen von 6,18 Millionen Kubikmetern.¹⁷⁵ Trotz der ebenfalls geringen Anzahl sind diese jedoch sehr gleichmäßig auf das gesamte Bundesland verteilt. Geographische Lücken im Deponienetz sind daher hauptsächlich bei den DK1-Deponien zu verzeichnen.

Die Zusammenfassung der Abfallmenge und der verfügbaren Deponievolumina für das Jahr 2018 in Baden-Württemberg ergibt folgende Gesamtdarstellung. Neben der schriftlichen Erläuterung kann diese Gesamtdarstellung auch in Abbildung 24 eingesehen werden. Das Bundesland verfügt über 275 Deponien der Deponieklasse DK0 mit einem ausgebauten Restvolumen von 32,11 Millionen Kubikmetern sowie 14 Deponien der Klasse DK1 mit einem ausgebauten Restvolumen von 1,82 Millionen Kubikmetern. Auf diesen Deponien wurde im Jahr 2018 insgesamt eine Menge von 5,80 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfällen entsorgt. Diese setzt sich wiederum aus 5,40 Millionen Tonnen Bodenaushub und 0,40 Millionen Tonnen Bauschutt und Straßenaufbruch zusammen.¹⁷⁶

Aufbauend auf der Gesamtdarstellung in Abbildung 24 erfolgt als nächster Schritt der Entsorgungsanalyse eine rechnerische Langzeitsimulation. Dabei wird einerseits in einer „Best-Case“-Simulation die Restlaufzeit ermittelt, die sich ergibt, wenn das Abfallaufkommen jährlich konstant bleibt und lediglich das ausgebaute und tatsächlich verfügbare Deponievolumen sowie unveränderliche Umrechnungsfaktoren von Volumen- und Gewichtsangaben berücksichtigt werden. Andererseits soll ein „Worst-Case“-Szenario die Auswirkungen verschiedener Umrechnungsfaktoren und einer jährlichen Abfallzunahme analysieren. Wie bereits erwähnt, erwartet das Umweltministerium durch die Umsetzung der Ersatzbaustoffverordnung eine Verschiebung von Verwertungsmaßnahmen hin zur vermehrten Deponierung.¹⁷⁷ Analog zur Entsorgungsanalyse des Bundeslandes Bayern wird deshalb eine jährliche Abfallzunahme von fünf Prozent angenommen. Es ist wichtig zu betonen, dass diese Untersuchung sich ausschließlich auf das tatsächlich und real verfügbare Deponievolumen beschränkt. Zukünftig geplantes und genehmigtes Deponievolumen wird vorerst nicht berücksichtigt. Durch diese Vorgehensweise sollen die Ergebnisse und Aussagen zur Restlaufzeit auf der „sicheren“ Seite stehen.

¹⁷⁵ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 20, Tabelle 6.

¹⁷⁶ Vgl. Abbildung 24.

¹⁷⁷ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 28.

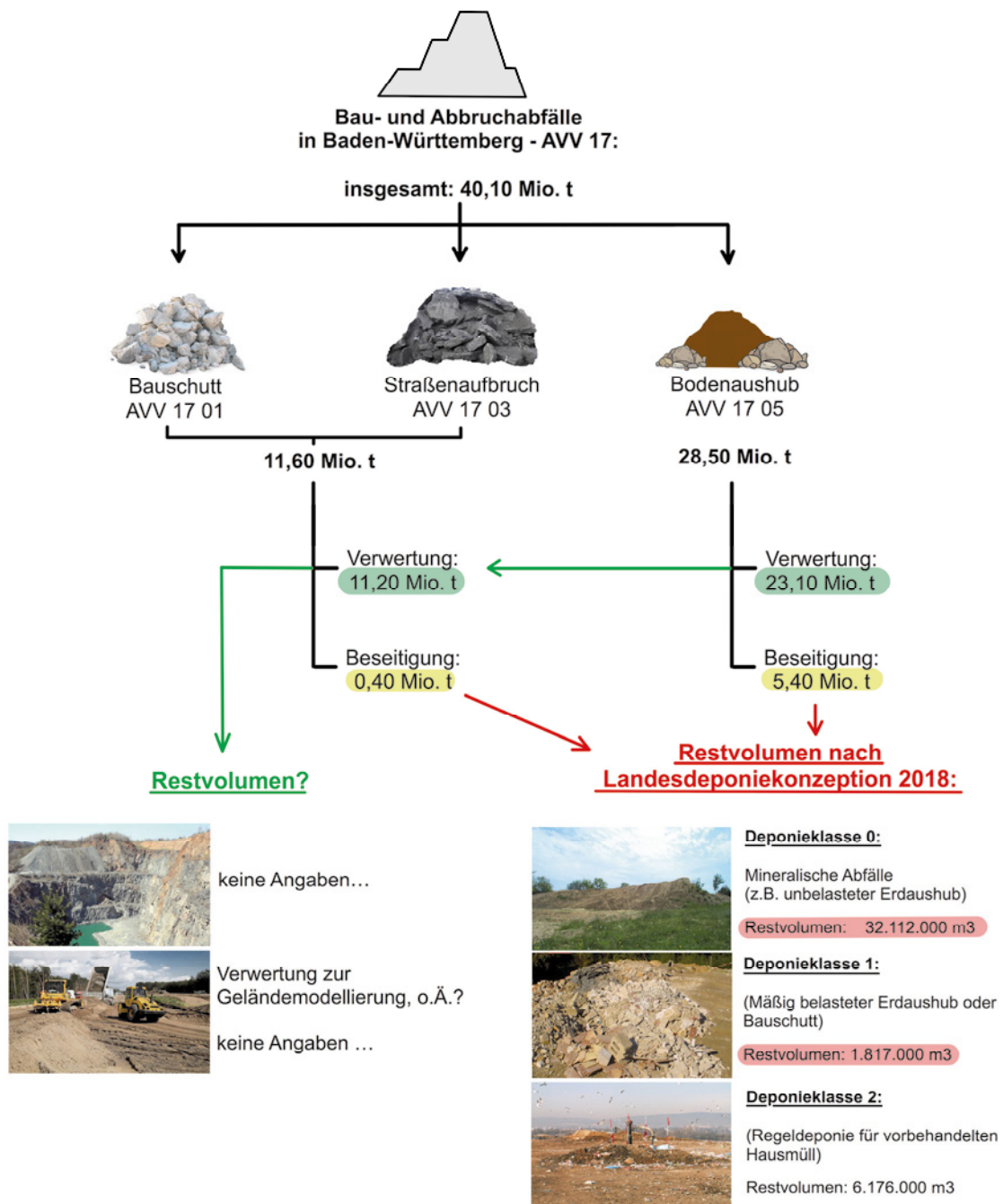


Abbildung 24 Abfallaufkommen und Deponievolumen in BW [Eigene Darstellung, 09.05.2024]

Restlaufzeit der Deponien in Baden-Württemberg:

- Beseitigungsmenge 2018: 5.800.000 Tonnen
davon:
AVV 17 05 - Bodenaushub: 5.400.000 Tonnen
AVV 17 03 – Straßenaufbruch &
AVV 17 01 – Bauschutt: 400.000 Tonnen
- Restvolumen DK0: 32.112.000 Kubikmeter
- Restvolumen DK1: 1.817.000 Kubikmeter
- Dichte Bodenaushub: 1,80 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)
- Dichte Bauschutt/Straßenaufbruch: 1,30 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)

Berechnung „Best-Case“-Szenario:

1. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 05 – Bodenaushub):

$$\frac{5.400.000 \frac{t}{Jahr}}{1,80 \frac{t}{m^3}} = 3.000.000 \frac{m^3}{Jahr}$$

2. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 03 – Straßenaufbruch) und (AVV 17 01 – Bauschutt):

$$\frac{400.000 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 307.692 \frac{m^3}{Jahr}$$

3. Restlaufzeit der Deponien (Klasse DK0 und DK1) in Baden-Württemberg:

$$\frac{Restvolumen}{Abfallmenge} = \frac{32.112.000 m^3 + 1.817.000 m^3}{3.000.000 \frac{m^3}{Jahr} + 307.692 \frac{m^3}{Jahr}} = 10,26 Jahre$$

Unter der Annahme einer konstanten Abfallmenge verfügt Baden-Württemberg im optimalen Szenario über ausreichende Deponiekapazitäten für einen Zeitraum von 10,26 Jahren ausgehend von dem Berichtsjahr 2018. Ab dem Jahr 2028 ist es nach dieser Berechnung und unter den getroffenen Annahmen nicht mehr möglich, Bau- und

Abbruchabfälle auf Deponien der Kategorie DK0 und DK1 zu entsorgen. Der Ausschnitt des Grafikfensters für die Langzeitsimulation wird in Abbildung 25 dargestellt.

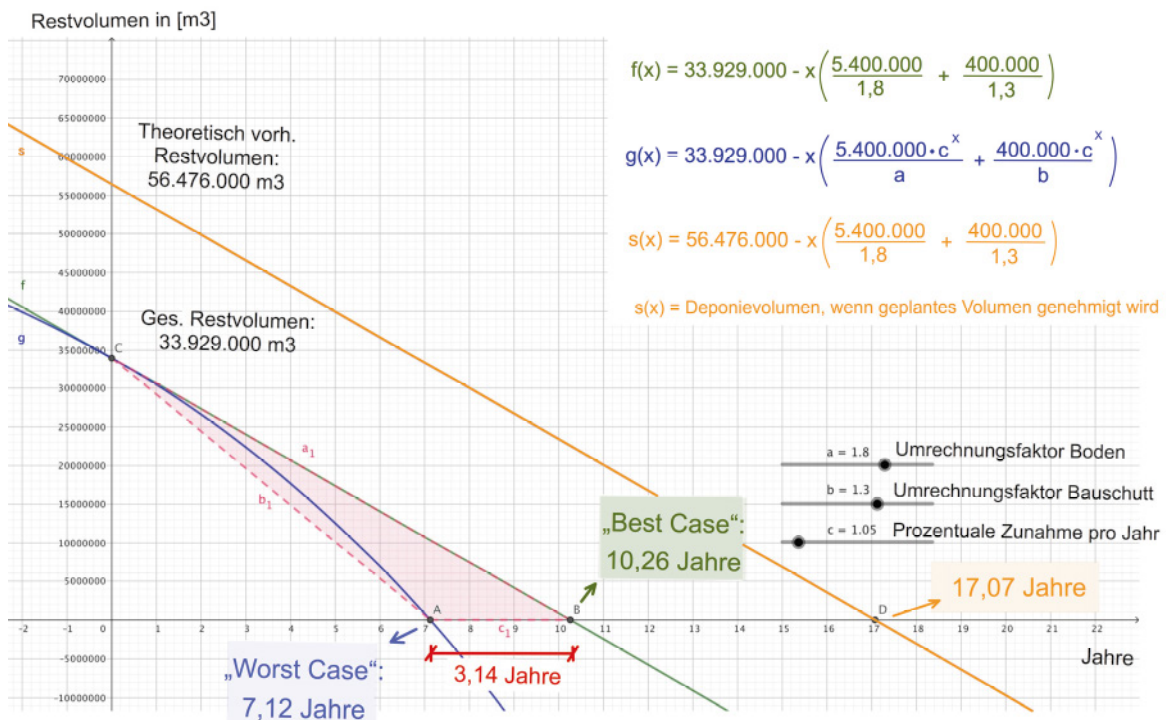


Abbildung 25 Langzeitsimulation BW [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 09.05.2024]

Unter Berücksichtigung einer jährlichen Zunahme des Abfallaufkommens würde das vorhandene Restvolumen bereits nach 7,12 Jahren erschöpft sein. Im Falle des „Worst-Case“-Szenarios würde bereits im Jahr 2025 die Situation in einen Entsorgungsnotstand für Bau- und Abbruchabfälle übergehen, wodurch die ordnungsgemäße und schadlose Entsorgung gemäß der Schadstoffklassifikation nicht mehr gewährleistet wäre. Weder im „Best-Case“ noch im „Worst-Case“-Szenario könnte die im Landesabfallgesetz Baden-Württemberg (LAbfG BW) geforderte zehnjährige Entsorgungssicherheit gewährleistet werden. Basierend auf dieser rechnerischen Langzeitsimulation ist eine dringende Erweiterung der geplanten Deponievolumina in Baden-Württemberg erforderlich. Ohne zusätzliche Deponievolumina wird sich die Entsorgungssituation weiter verschärfen und spätestens im Jahr 2028 ein Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub drohen.

Wenn das im Berichtsjahr 2018 geplante Deponievolumen von 22,55 Millionen Kubikmetern für die Abfallentsorgung zur Verfügung stünde, würde sich die Restlaufzeit der DK0- und DK1-Deponien auf 17,07 Jahre verlängern. Die Funktion $s(x)$ aus Abbildung 25 geht dabei von einem konstanten Abfallaufkommen aus. Der Ausbau der Deponiekapazitäten würde im besten Fall die Restlaufzeit um 6,81 Jahre verlängern und die Abfallentsorgung in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2035 sichern.

Basierend auf den Erkenntnissen zur Entsorgungssituation und den Restlaufzeiten der Deponien in Baden-Württemberg erfolgt im nächsten Schritt ein Vergleich mit den Simulationen und Berechnungsergebnissen der Landesdeponiekonzeption, die vom Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft erstellt wurde.

Die Studie zur Landesdeponiekonzeption untersucht im Wesentlichen drei verschiedene Szenarien: das „Basisszenario“, „Szenario 1“ und „Szenario 2“.¹⁷⁸ Die Untersuchung der Szenarien erfolgt sowohl für das gesamte Bundesland Baden-Württemberg als auch für die Entwicklungen der Deponien innerhalb von acht sogenannten „Raumschaften“. In diesem Bericht dienen Raumschaften als fiktive Betrachtungsräume, die es ermöglichen, auf einer überregionalen jedoch kleinräumigen Ebene Entwicklungen und Handlungsbedarfe zu Deponiekapazitäten abschätzen zu können.¹⁷⁹ Die Studie berechnet neben der Aufteilung in Raumschaften die Restlaufzeit separat für die Deponien der Klassen DK0 und DK1.¹⁸⁰

Das Basisszenario analysiert die Deponiekapazitäten unter der Annahme eines gleichbleibenden Abfallaufkommens. Dabei wird die Restlaufzeit für jedes einzelne Gebiet respektive jede einzelne Raumschaft ermittelt.¹⁸¹ Im Szenario 1 erfolgt die Berechnung der Restlaufzeit bei einem starken Zuwachs der Ablagerungsmenge. Dieser Zuwachs ist auf die Auswirkungen der Ersatzbaustoffverordnung auf das Verwertungs- und Recyclinggeschehen im Bereich des Bauschutts und des Straßenaufbruchs zurückzuführen. Das Umweltministerium ermittelt für dieses Szenario ein Zusatzaufkommen von 1,09 Millionen Kubikmetern Abfall pro Jahr.¹⁸²

Das Szenario 2 basiert auf der Annahme, dass die Auswirkungen der Einflussfaktoren, die im Szenario 1 beschrieben wurden, landesweit geringer ausfallen. Demzufolge wird angenommen, dass die abzulagernde Abfallmenge im Bereich der Bau- und Abbruchabfälle im Vergleich zu der im Szenario 1 angenommenen Menge um 50 Prozent geringer ausfallen wird. Szenario 2 stellt somit einen moderaten Anstieg der Ablagerungsmenge im Vergleich zum Basisszenario dar.¹⁸³

Im Bereich der Deponien der Klasse 0 berechnete das Umweltministerium im Basisszenario für das ausgebaute und tatsächlich zur Verfügung stehende Restvolumen eine Laufzeit von ungefähr 12 Jahren. Basierend auf den Daten des Jahres 2018 würden die ausgebauten Deponiekapazitäten ohne weitere Neubaumaßnahmen landesweit im Jahr 2030 erschöpft sein.¹⁸⁴

¹⁷⁸ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 33 ff.

¹⁷⁹ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 15.

¹⁸⁰ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 48 ff.

¹⁸¹ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 19.

¹⁸² Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 33.

¹⁸³ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 35.

¹⁸⁴ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 50.

Hinsichtlich des tatsächlich zur Verfügung stehenden Deponievolumens der Klasse 1 zeigt die Untersuchung einen erheblichen Handlungsbedarf auf. Die Erfüllung des Nachweises der zehnjährigen Entsorgungssicherheit ist landesweit nicht mehr möglich. Das Restvolumen ist bei konstanter Abfallmenge bereits im Jahr 2024 vollständig aufgebraucht.¹⁸⁵ Des Weiteren identifiziert das Umweltministerium bei der Untersuchung der einzelnen Raumschaften erhebliche regionale Unterschiede. Insbesondere in den badischen Regierungsbezirken sowie im Norden des Regierungsbezirkes Stuttgart zeichnen sich fehlende DK1-Kapazitäten ab.¹⁸⁶

Beim Vergleich der Ergebnisse des Umweltministeriums mit der rechnerischen Langzeitsimulation dieser Masterarbeit zeigt sich eine deutliche Analogie. Im „Best-Case“-Szenario sind die Restvolumina der Klasse DK0 und DK1 bis zum Jahr 2028 aufgebraucht, während im „Worst-Case“-Szenario bereits im Jahr 2025 eine Erschöpfung eintritt (Vgl. Abbildung 25). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei konstantem Abfallaufkommen und ohne weitere Neubau- oder Ausbaumaßnahmen die Entsorgungssituation ab dem Jahr 2025 zunehmend problematisch wird und zwischen den Jahren 2028 und 2030 auf einen Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub zusteuert. Die Restlaufzeiten werden durch die Einflüsse verschiedener Faktoren, die in den Szenarien 1 und 2 berücksichtigt werden, erheblich verkürzt.¹⁸⁷

Bei zeitnaher Umsetzung aller bisher geplanten Deponiebauvorhaben verfügt Baden-Württemberg gemäß der Basisprognose bis zum Jahr 2037 über ausreichende Deponiekapazitäten der Klasse DK0.¹⁸⁸ Das Restvolumen der Deponieklasse DK1 würde durch den Ausbau aller geplanten Maßnahmen bis zum Jahr 2034 ausreichen.¹⁸⁹ Ein Vergleich dieser Ergebnisse mit der Funktion $s(x)$ in Abbildung 25 zeigt, dass der Nullpunkt im Jahr 2035 erreicht wird, was eine erneute große Übereinstimmung zwischen den Berechnungsergebnissen des Umweltministeriums und den Ergebnissen der wissenschaftlichen Abschlussarbeit belegt. Im Durchschnitt verlängert sich die Deponierestlaufzeit durch alle Erweiterungs- und Neubaumaßnahmen auf Oktober 2034. Da diese Deponieflächen und -volumen jedoch derzeit noch nicht verfügbar sind und bisher nur theoretisch existieren, besteht akuter Handlungsbedarf. Angesichts der Vielzahl verschiedener Szenarien und Berechnungsergebnisse bietet Tabelle 5 eine zusammenfassende Darstellung und einen Vergleich der wichtigsten Ergebnisse.

¹⁸⁵ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 20, Tabelle 7.

¹⁸⁶ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 49.

¹⁸⁷ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 49.

¹⁸⁸ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 50.

¹⁸⁹ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 20, Tabelle 7.

Tabelle 5 Vergleich Berechnungsergebnisse [in Anlehnung an (Pfeifer, 2021) und Abbildung 25]

Berechnungsergebnisse „Masterarbeit“			
Deponieklasse	Szenario	ausgebautes Restvolumen erschöpft bis ...	geplantes Volumen erschöpft bis ...
DK0 und DK1	„Best-Case“	2028	/
	„Worst-Case“	2025	/
	Theorie – Funktion $s(x)$	/	2035
Berechnungsergebnisse „Landesdeponiekonzeption BW“			
Deponieklasse	Szenario	ausgebautes Restvolumen erschöpft bis ...	geplantes Volumen erschöpft bis ...
DK0	Basisszenario	2030	2037
	Szenario 1	Umweltministerium prognostiziert keine Auswirkungen auf DK0-Deponien	
	Szenario 2		
DK1	Basisszenario	2024	2034
	Szenario 1	/	2032
	Szenario 2	/	2036
im Mittel:		September 2026	Oktober 2034

Die Langzeitsimulation und der Vergleich der Berechnungsergebnisse aus der „Masterarbeit“ sowie der „Landesdeponiekonzeption BW“ des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Jahr 2021 liefern bedeutende Erkenntnisse. Trotz unterschiedlicher Annahmen zeigen beide Simulationen ähnliche Ergebnisse. Es wird deutlich, dass die Entsorgungssituation in Baden-Württemberg äußerst angespannt ist. Angesichts dieser Ergebnisse sind die öffentlich-rechtlichen Entsorgungsträger aufgerufen, ihre Aktivitäten zu beschleunigen und neue Deponiekapazitäten zu erschließen. Dabei ist zu beachten, dass Planungs- und Genehmigungszeiträume für Deponien etwa 10 Jahre betragen können.¹⁹⁰

¹⁹⁰ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 36.

Es fällt außerdem auf, dass eine Analogie zum Bundesland Bayern herrscht. Analog zu Bayern verfügt auch Baden-Württemberg über eine hohe Anzahl an DK0-Deponien, deren Entsorgungssicherheit jedoch nicht über das Jahr 2030 hinaus gewährleistet ist. Im Gegensatz dazu gibt es nur wenige DK1-Deponien, was ebenfalls der Situation in Bayern ähnelt.

Die vorhandenen Restkapazitäten, insbesondere bei DK1-Deponien, werden in vielen Regionen bald erschöpft sein, was zu Stoffstromverschiebungen auf DK2-Deponien führen wird.¹⁹¹ Dies erfordert den Einsatz des aufwändigeren Deponieraums der Klasse 2, um geringer belastete Bauabfälle zu deponieren, die eigentlich für DK1-Deponien vorgesehen waren. Die Verschiebung von Stoffströmen auf hochwertigere Deponien oder eine erhöhte Abfallmenge aufgrund der rechtlichen Auswirkungen der Ersatzbaustoffverordnung werden die sowieso bereits angespannte Entsorgungssituation weiter verschärfen. Abschließend bleibt zu erklären, dass eine Entspannung dieser Situation auf Basis der vorliegenden Forschungsergebnisse nicht absehbar ist.

¹⁹¹ Vgl. (Pfeifer, 2021), S. 49.

3.2.4 Niedersachsen

Die vierte Position in der Entsorgungsanalyse für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland betrachtet die Gegebenheiten des Bundeslandes mit dem viertgrößten Umsatz im Baugewerbe. Die Analyse für Niedersachsen basiert auf mehreren Berichten, wobei der aktuelle Abfallwirtschaftsplan für Siedlungsabfälle und nicht gefährliche Abfälle als vorrangige Quelle dient. Dieser Plan, herausgegeben vom Niedersächsischen Ministerium für Umwelt, Energie, Bauen und Klimaschutz im Jahr 2019, umspannt den Zeitraum bis 2028 und aktualisiert den Teilplan „Siedlungsabfälle“, der 2011 in Kraft trat. Ein spezifisches Kapitel dieses Abfallwirtschaftsplans widmet sich dem Auftreten und der Entsorgung nicht gefährlicher mineralischer Abfälle wie Bau- und Abbruchabfälle. Dabei werden nicht nur die Mengen und die Entwicklung des Abfallaufkommens betrachtet, sondern auch die verfügbaren Deponievolumina analysiert.¹⁹²

Ein weiteres maßgebliches Dokument für die Analyse der Entsorgungssituation bildet eine Studie der Ingenieurgesellschaft Prof. Burmeier. Die Beauftragung zur Untersuchung und Überwachung der Entsorgungslage in Niedersachsen erfolgte durch den Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen. Ziel der Studie ist die Erfassung des Aufkommens mineralischer Bauabfälle in Niedersachsen sowie die Untersuchung der Entsorgungsmöglichkeiten und der praktischen Rahmenbedingungen.¹⁹³ Die Notwendigkeit zur Durchführung dieser Studie ergab sich aus der zunehmend angespannten Entsorgungssituation in Niedersachsen:

„Aufgrund hoher Bautätigkeit und begrenzter Entsorgungskapazitäten können mineralische Bauabfälle in einigen Regionen Niedersachsens nur über erhebliche Transportdistanzen verwertet oder beseitigt werden. Eine dezentrale und bedarfsgerechte Entsorgung stellt keine Regel mehr dar.“¹⁹⁴

Die Studie über das Aufkommen und die Entsorgung mineralischer Bauabfälle wurde erstmals am 31. August 2020 veröffentlicht und stützt sich hauptsächlich auf Daten aus dem Jahr 2018. Die Ingenieurgesellschaft Prof. Burmeier führte dabei keine primären Datenerhebungen durch, sondern konzentrierte sich auf die Zusammenstellung und Analyse von Sekundärdaten des Statistischen Landesamtes Niedersachsen (LSN). Analog zu den Bundesländern Bayern und Baden-Württemberg, wo ebenfalls Studien zur Entsorgungssituation mineralischer Bauabfälle vorliegen (s. Kapitel 3.2.1 und 3.2.3), dient auch diese Studie der Ingenieurgesellschaft als Grundlage für den Vergleich der Berechnungsergebnisse am Ende des Kapitels. Die Daten zur Berechnung der Entsorgungssicherheit nach der Methode der Masterarbeit wurden daher nicht aus

¹⁹² Vgl. (Runge, 2019), S. 4.

¹⁹³ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 6.

¹⁹⁴ (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 6, Absatz 1.

der Studie der Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft herangezogen, sondern aus dem Abfallwirtschaftsplan sowie den Tabellen des Landesamtes für Statistik in Niedersachsen.

Die relevanten Daten zur Abfall- und Deponiesituation in Niedersachsen wurden auf Grundlage der zuvor erörterten Berichte „Abfallwirtschaftsplan Niedersachsen“, „Aufkommen und Entsorgung mineralischer Bauabfälle in Niedersachsen“ sowie den statistischen Berichten des Landesamtes zusammengetragen. Es ist zu beachten, dass der Großteil dieser Daten auf das Berichtsjahr 2018 zurückzuführen ist. Obschon für das Jahr 2020 bereits einige Daten in den statistischen Berichten des Landesamtes vorliegen, sind diese teilweise lückenhaft, wodurch auch die Berechnungen der vorliegenden Masterarbeit auf das Berichtsjahr 2018 ausgerichtet wurden.

In Einklang mit Schritt 4 der Abbildung 14 erfolgt zunächst eine Beschreibung der anfallenden Abfallmengen im Bundesland Niedersachsen. Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln erörtert, liegt auch hier der Fokus auf den Abfällen der AVV-Kategorie 17. An dieser Stelle ist es von Bedeutung anzumerken, dass die Studie der Ingenieurgesellschaft Prof. Burmeier explizit darauf hinweist, dass eine präzise Angabe des tatsächlichen jährlichen Abfallaufkommens nicht möglich ist. Zum einen werden die außerhalb des Landes entsorgten Abfälle nicht exakt erfasst. Zum anderen lässt sich der Anteil der Bauabfälle, die außerhalb der registrierten Entsorgungswege verwendet werden, nicht quantifizieren.¹⁹⁵

Im Jahr 2018 wurden in Niedersachsen insgesamt etwa 34,6 Millionen Tonnen Abfall entsorgt. Hiervon entfielen mit etwa 19 Millionen Tonnen mehr als die Hälfte auf mineralische Bauabfälle der Kategorie AVV 17. Dies entspricht ungefähr 55 Prozent des Gesamtabfallaufkommens, was dem Bundesdurchschnitt entspricht. Bezogen auf die Gesamtabfallmenge von 34,6 Millionen Tonnen machten allein die Abfälle der Fraktion Boden, Steine und Baggergut mit der Abfallschlüsselnummer 17 05 etwa 9,3 Millionen Tonnen oder 27 Prozent aus. An zweiter Stelle steht die Abfallkategorie 17 01 Bauschutt mit rund 8,2 Millionen Tonnen. Die geringste Menge an Bau- und Abbruchabfällen entfällt mit etwa 1,3 Millionen Tonnen auf die Abfallart Straßenaufbruch.¹⁹⁶

Von den 19 Millionen Tonnen Bauschutt, Straßenaufbruch und Bodenaushub wurden etwa 17,6 Millionen Tonnen einer Verwertungsmaßnahme zugeführt.¹⁹⁷ Somit beträgt die Verwertungsquote des Bundeslandes Niedersachsen über 90 Prozent. Trotz dieser hohen Verwertungsquote wurden 1,45 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle auf Deponien der Deponieklasse 0 und 1 abgelagert. Der größte Teil der deponierten Menge entfällt erneut auf den Bodenaushub mit etwa 0,84 Millionen Tonnen.

¹⁹⁵ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 85.

¹⁹⁶ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 85.

¹⁹⁷ Vgl. (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), S. 8 ff., Tabelle 3.

Die Menge des Bauschutts, die beseitigt wurde, beläuft sich auf 0,32 Millionen Tonnen, während der Straßenaufbruch mit 0,29 Millionen Tonnen zu Buche schlägt.¹⁹⁸ Abbildung 21 illustriert das Aufkommen der Bau- und Abbruchabfälle im Jahr 2018, unterteilt nach den entsprechenden Kategorien, sowie den Mengen, die verwertet und beseitigt wurden.

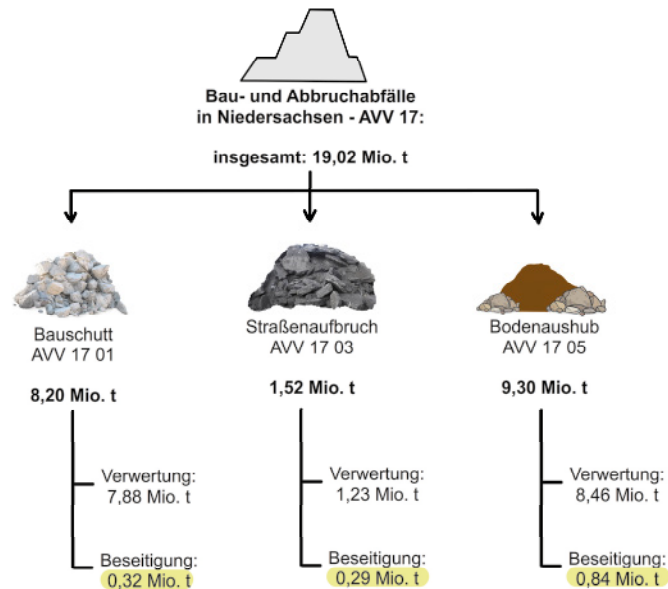


Abbildung 26 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), 16.05.2024]

Der Hauptteil der verwerteten Materialien wird in Baustoffrecycling- und Asphaltmischanlagen aufbereitet. Im Erhebungsjahr 2018 betrug die Gesamtzufuhr in die Aufbereitungsanlagen 9,3 Millionen Tonnen.¹⁹⁹ Davon wurden 8,76 Millionen Tonnen in 289 Bauschutt-Recyclinganlagen aufbereitet. Die restlichen 0,55 Millionen Tonnen Straßenaufbruch wurden in 46 Asphaltmischanlagen verarbeitet. Bei einem Rückblick auf die Jahre 2016 und 2014 zeigt sich ein deutlicher Trend: Die Menge an Bauabfällen, die in Recyclinganlagen aufbereitet wird, ist kontinuierlich gestiegen (s. Abbildung 27).²⁰⁰ Dieser Anstieg spiegelt sich auch in der Anzahl der Baustoff- und Aufbereitungsanlagen wider. Im Jahr 2014 gab es insgesamt 248 Anlagen in Niedersachsen, bis 2018 sind jedoch mehr als 100 neue Anlagen hinzugekommen, was die Gesamtzahl auf 355 erhöht hat und positiv zu bewerten ist.²⁰¹

Neben dem Anstieg der Verwertungsmenge im Bereich der Abfallaufbereitung ist ein rückläufiger Trend für die Menge der Abfälle zu verzeichnen, die in überträgige Abbaustätten verbracht werden (vgl. Abbildung 27). Zur Verfüllung dieser überträgigen Abbaustätten wurden in Niedersachsen, ähnlich wie im gesamten Bundesgebiet,

¹⁹⁸ Vgl. (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), S. 8 ff., Tabelle 3.

¹⁹⁹ Vgl. (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), S. 8 ff., Tabelle 3.

²⁰⁰ Vgl. (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), S. 8 ff., Tabelle 3.

²⁰¹ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 16.

hauptsächlich Abfälle der Kategorie 17 05 verwendet. Mit einer Gesamtmenge von etwas mehr als 7 Millionen Tonnen stellt dies den zweitgrößten Verwertungsweg für Bau- und Abbruchabfälle dar.

Die verwertete Menge von Bau- und Abbruchabfällen, die im Deponiebau eingesetzt oder in Bodenbehandlungsanlagen aufbereitet wird, ist über den betrachteten Zeitraum von 2014 bis 2020 nahezu konstant geblieben (s. Abbildung 27). Ebenfalls stabil ist die deponierte Menge an Bau- und Abbruchabfällen über diesen Zeitraum hinweg. Im Zeitraum von 2014 bis 2020 wurden jährlich zwischen 1,2 und 1,5 Millionen Tonnen in Deponien entsorgt. Für die Berechnung der Entsorgungssicherheit des Bundeslandes Niedersachsen im Bereich der Deponieklassen DK0 und DK1 werden die 1,45 Millionen Tonnen an beseitigten Bau- und Abbruchabfällen aus dem Berichtsjahr 2018 als Berechnungsgrundlage verwendet. Abbildung 27 bietet einen Überblick über das Aufkommen und die Entsorgungswege der Bauabfälle in Niedersachsen.

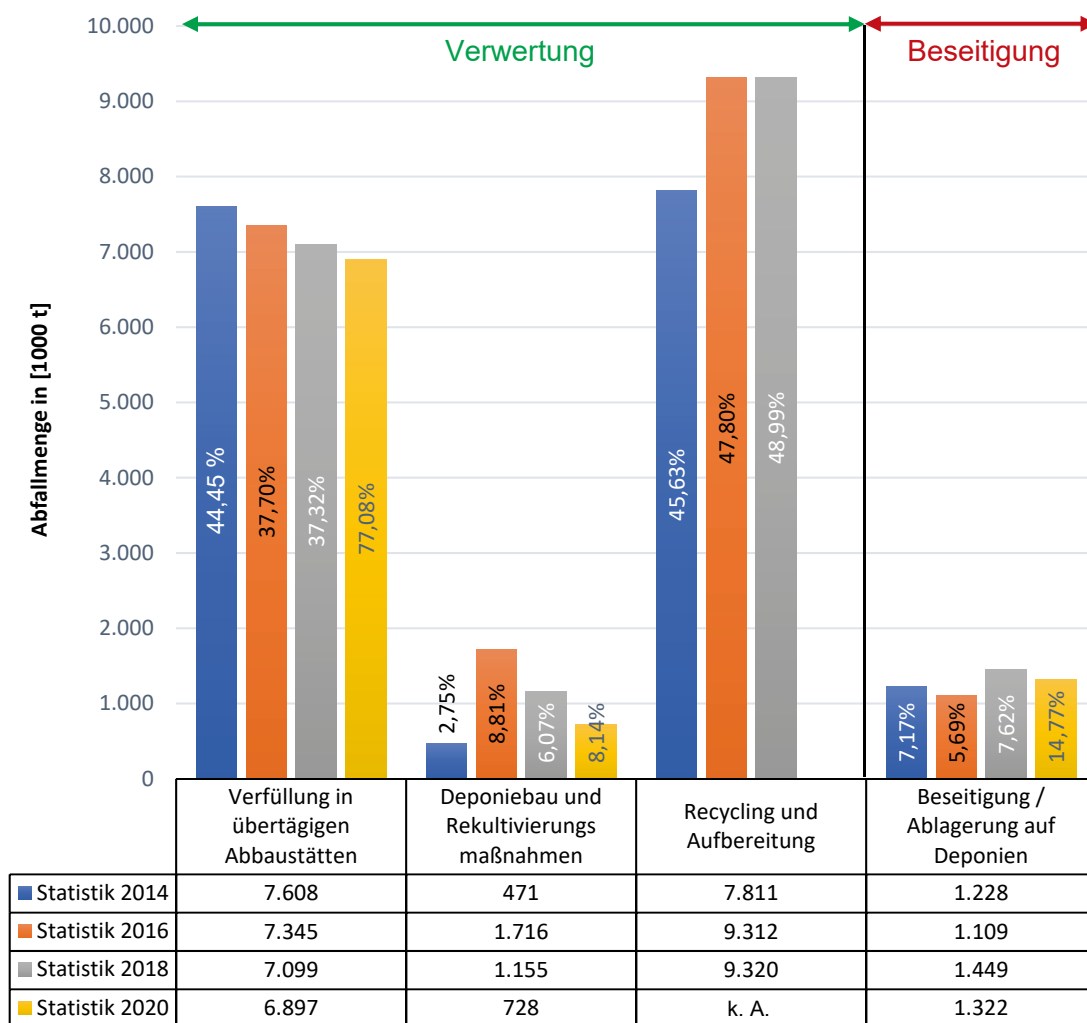


Abbildung 27 Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), 15.05.2024]

Nachdem die Abfallmengen für das Berichtsjahr 2018 in den relevanten Abfallgruppen ermittelt wurden, folgt als nächster Schritt die Untersuchung der verbleibenden verfügbaren Deponievolumina.

Die Anzahl der Deponien in Niedersachsen hat in den letzten zwei Jahrzehnten signifikant abgenommen.²⁰² Im Jahr 1996 wurden noch 148 Deponien in Niedersachsen erfasst, während diese Zahl bis zum Jahr 2002 bereits um ein Drittel auf 97 Deponien gesunken war. Im Jahr 2018 wurden in Niedersachsen nunmehr 57 Deponiestandorte aller Klassen verzeichnet. Jedoch müssen von diesen 57 Deponien nochmals 18 Betriebsdeponien abgezogen werden, da sie nicht öffentlich zugänglich sind und ausschließlich den Abfällen des jeweiligen Unternehmens vorbehalten sind. Somit gibt es insgesamt 39 öffentlich zugängliche Deponien aller Deponieklassen in Niedersachsen.²⁰³

Die Schließung dieser beträchtlichen Anzahl öffentlich zugänglicher Deponien erfolgte hauptsächlich aus rechtlichen Gründen.²⁰⁴ Einige Deponien der Klassen DK1 und DK2 konnten die verschärften Anforderungen der EU-Deponierichtlinie, die am 15.07.2009 in Kraft trat, nicht erfüllen und waren gezwungen, den Betrieb einzustellen. Nach Inkrafttreten der EU-Deponierichtlinie am 15.07.2009 standen nur noch 27 Deponien der Klassen DK1 und DK2 zur Verfügung, im Vergleich zu den zuvor vorhandenen 38. Auch der Bestand an DK0-Deponien musste durch die Einführung der EU-Richtlinie von 21 auf 15 Deponien reduziert werden.²⁰⁵

Die Anzahl und das verbleibende Volumen der relevanten Deponieklassen für die Betrachtung der Entsorgungssicherheit im Bereich der Bauabfälle lassen sich wie folgt darstellen. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung des Abfallwirtschaftsplans Niedersachsen waren zwei Deponien der Klasse DK0 und acht Deponien der Klasse DK1 vorhanden.²⁰⁶ Von den zwei verbleibenden DK0-Deponien verfügen die Standorte Einbeck über ein Restvolumen von 14.300 Kubikmetern und Brandisbreite über eine Restkapazität von 700.000 Kubikmetern.²⁰⁷ Darüber hinaus läuft das Planfeststellungsverfahren für einen neuen Deponiestandort in Drütte, welcher eine Planung und Genehmigung von 1,75 Millionen Kubikmeter neuem Deponievolumen der Klasse DK0 vorsieht.²⁰⁸

Im Bereich der Deponiekategorie 1 verzeichnet das Bundesland Niedersachsen eine Anzahl von neun öffentlich zugänglichen Deponien. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung verfügten diese neun Deponiestandorte über ein genehmigtes und ausgebautes

²⁰² Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 45.

²⁰³ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 45.

²⁰⁴ Vgl. (Runge, 2019), S. 42.

²⁰⁵ Vgl. (Runge, 2019), S. 42.

²⁰⁶ Vgl. (Runge, 2019), S. 42, Tabelle 14.

²⁰⁷ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 47, Tabelle 26.

²⁰⁸ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 47, Tabelle 26.

Im nördlichen Niedersachsen erstrecken sich die Deponien weitläufig über die Landkreise Celle, Harburg und Oldenburg.²¹¹ Lediglich die Deponien der Klasse 2 weisen eine gleichmäßigere Verteilung über die Landesfläche auf. Die großen Transportdistanzen zu den Deponien der Klassen 0 und 1, kombiniert mit dem wesentlich gleichmäßigeren Deponienetz der Klasse 2 führen dazu, dass wenig belastete mineralische Bauabfälle ortsnahe auf höherwertigen Deponien entsorgt werden.²¹² Diese Praxis reduziert das verfügbare Ablagerungsvolumen für die primären Zielabfälle und verursacht unverhältnismäßig hohe Entsorgungskosten.²¹³

Nach der Erläuterung der verfügbaren Deponievolumina wird im nächsten Schritt eine Zusammenführung mit der im Jahr 2018 auf Deponien der Klasse DK0 und DK1 abgelagerten Menge an Bau- und Abbruchabfällen durchgeführt. Diese Gegenüberstellung von Abfallaufkommen und Deponievolumina wird wie in den vorherigen Kapiteln in Form einer Gesamtdarstellung präsentiert und ist in Abbildung 29 zu finden.

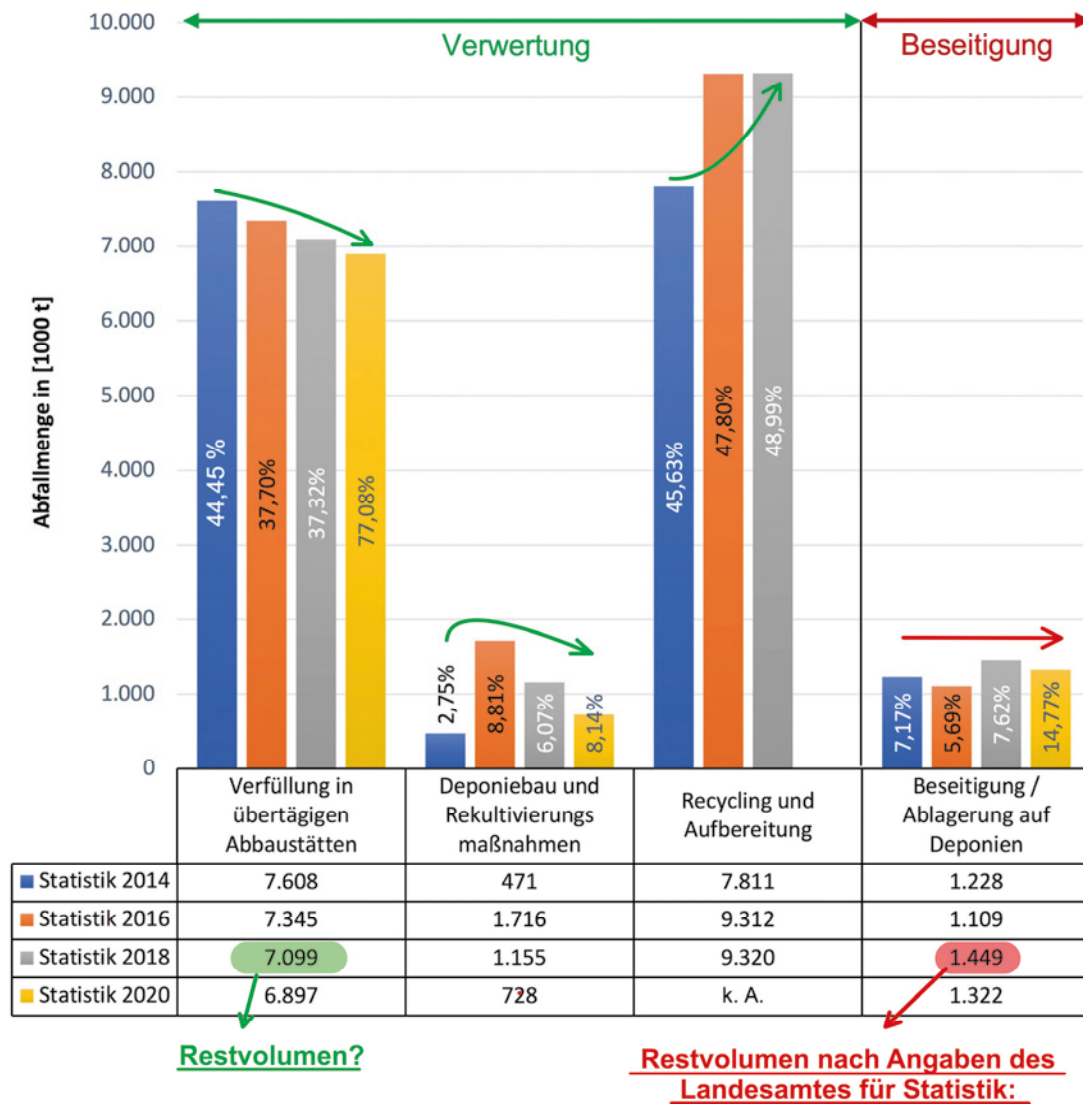
Die Zusammenfassung der Abfallmengen und der verfügbaren Deponievolumina für das Jahr 2018 in Niedersachsen ergibt folgendes Bild: Das Bundesland verfügt über zwei Deponien der Deponieklasse DK0 mit einem ausgebauten Restvolumen von 0,71 Millionen Kubikmetern sowie neun Deponien der Klasse DK1 mit einem ausgebauten Restvolumen von 11,37 Millionen Kubikmetern. Im Jahr 2018 wurden auf diesen Deponien insgesamt 1,45 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle entsorgt, bestehend aus 0,84 Millionen Tonnen Bodenaushub und 0,61 Millionen Tonnen Bauschutt und Straßenaufbruch (s. Abbildung 29).

Basierend auf diesen Daten wird im nachfolgenden Schritt die Restlaufzeit der niedersächsischen Deponien mittels einer Langzeitsimulation berechnet. Für das „Best-Case“-Szenario werden die Annahmen verwendet, die in Kapitel 3.1 beschrieben sind. Das „Worst-Case“-Szenario wird unter besonderer Berücksichtigung der Aussagen der Studie der Ingenieurgesellschaft Prof. Burmeier und den Entwicklungsprognosen des Abfallwirtschaftsplans durchgeführt. Zunächst wird jedoch mit der Berechnung des günstigsten Falles für die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen in Niedersachsen begonnen.

²¹¹ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 51.

²¹² Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 53.

²¹³ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 53.



keine Angaben...

Verwertung zur Geländemodellierung, o.Ä.?
keine Angaben ...



Deponieklasse 0:

Mineralische Abfälle
(z.B. unbelasteter Erdaushub)
Restvolumen: 714.300 m³

Deponieklasse 1:

(Mäßig belasteter Erdaushub oder Bauschutt)
Restvolumen: 11.374.000 m³

Deponieklasse 2:

(Regeldeponie für vorbehandelten Hausmüll)
Restvolumen: 7.321.614 m³

Abbildung 29 Abfallaufkommen und Deponievolumen in Niedersachsen [Eigene Darstellung, 16.05.24]

Restlaufzeit der Deponien in Niedersachsen:

- Beseitigungsmenge 2018: 1.449.017 Tonnen
davon:
 - AVV 17 05 - Bodenaushub: 838.736 Tonnen
 - AVV 17 03 – Straßenaufbruch: 288.674 Tonnen
 - AVV 17 01 – Bauschutt: 321.607 Tonnen
- Restvolumen DK0: 714.300 Kubikmeter
- Restvolumen DK1: 11.374.000 Kubikmeter
- Dichte Bodenaushub: 1,80 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)
- Dichte Bauschutt/Straßenaufbruch: 1,30 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)

Berechnung „Best-Case“-Szenario:

1. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 05 – Bodenaushub):

$$\frac{838.736 \frac{t}{Jahr}}{1,80 \frac{t}{m^3}} = 465.964 \frac{m^3}{Jahr}$$

2. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 03 – Straßenaufbruch):

$$\frac{288.674 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 222.056 \frac{m^3}{Jahr}$$

3. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 01 – Bauschutt):

$$\frac{321.607 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 247.390 \frac{m^3}{Jahr}$$

4. Restlaufzeit der Deponien (Klasse DK0 und DK1) in Niedersachsen:

$$\frac{\text{Restvolumen}}{\text{Abfallmenge}} = \frac{714.300 m^3 + 11.374.000 m^3}{465.964 \frac{m^3}{Jahr} + 222.056 \frac{m^3}{Jahr} + 247.390 \frac{m^3}{Jahr}} = 12,92 \text{ Jahre}$$

Unter der Annahme einer konstanten Abfallmenge verfügt Niedersachsen im optimalen Szenario über ausreichende Deponiekapazitäten für einen Zeitraum von 12,92 Jahren ab dem Berichtsjahr 2018. Gemäß dieser Berechnung und den getroffenen Annahmen ist es ab dem Jahr 2031 nicht mehr möglich, Bau- und Abbruchabfälle auf Deponien der Kategorie DK0 und DK1 zu entsorgen. Der entsprechende Abschnitt der Langzeitsimulation ist in Abbildung 30 dargestellt.

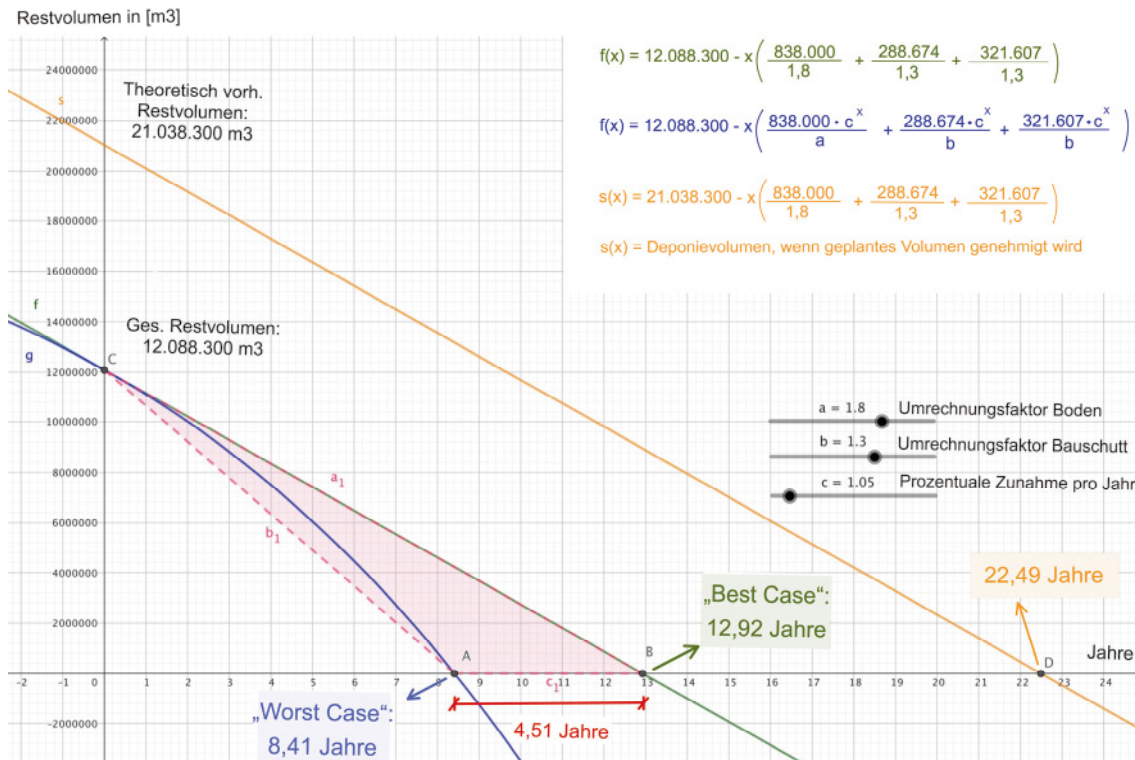


Abbildung 30 Langzeitsimulation Niedersachsen [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 16.05.24]

Die Experten des Baugewerbes prognostizieren für das Bundesland Niedersachsen angesichts einer fortgesetzt guten Baukonjunktur eine Zunahme an Bauabfällen anstelle eines Rückgangs.²¹⁴ Dies ist vor allem auf den aktuellen Zustand der Verkehrs- und Schieneninfrastruktur zurückzuführen. Insbesondere im Bereich der Fernstraßen und des Eisenbahnnetzes stehen zukünftig Erneuerungsmaßnahmen an, die vermehrt mineralische Abfälle zur Entsorgung verursachen werden.²¹⁵ Sollten Investitionen in Großprojekte der straßen- und schienengebundenen Infrastruktur in Niedersachsen getätigt werden und die Abfallmenge jährlich beispielsweise um fünf Prozent anstiege, würde das Restvolumen der niedersächsischen Deponien bereits nach 8,41 Jahren aufgebraucht sein (s. Abbildung 30). Im Szenario des „Worst-Case“ würde die Entsorgungssituation bereits im Jahr 2026 in einen Entsorgungsnotstand für Bau- und Abbruchabfälle übergehen, wodurch die ordnungsgemäße und schadlose Entsorgung gemäß der Schadstoffklassifikation nicht mehr gewährleistet wäre.

²¹⁴ Vgl. (Runge, 2019), S. 40.

²¹⁵ Vgl. (Runge, 2019), S. 40.

Die Experten der Prof. Burmeier Ingenieurgesellschaft prognostizieren außerdem einen Anstieg der Beseitigungsmenge, da es an groß angelegten Verwertungsprojekten fehlen wird.²¹⁶ Gemäß Abbildung 22 werden in Niedersachsen jährlich rund 7 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchmaterialien in übertägigen Abbaustätten zur Verwertung gebracht. Etwa 1 Million Tonnen dieser Abfälle wurden in den Projekten "Abdeckung Kalihalde Sehnde" und "Verfüllung Tagebau Schiefermühle" entsorgt. Allerdings werden diese zwei Großprojekte bis zum Jahr 2020 abgeschlossen sein, wodurch bedeutende Nachfolgeprojekte für die Verwertung von mineralischen Bauabfällen fehlen.²¹⁷ Die dadurch entstehenden Abfallmassen, die eigentlich in Verwertungsmaßnahmen sicher eingebaut werden könnten, beanspruchen vermehrt hochwertige Deponiekapazitäten. Zusätzlich weisen sowohl die Experten des Umweltministeriums als auch die Ingenieurgesellschaft Prof. Burmeier auf eine zunehmende Menge an Abfällen hin, die sich infolge der gesetzlichen Bestimmungen der Mantelverordnung ergeben.²¹⁸ Daher können die Ergebnisse des „Worst-Case“-Szenarios als durchaus realistisch betrachtet werden.

Wenn das für das Berichtsjahr 2018 geplante Deponievolumen der Deponieklassen DK0 und DK1 von insgesamt 8,95 Millionen Kubikmetern für die Entsorgung zur Verfügung stünde, würde sich die Restlaufzeit auf insgesamt 22,49 Jahre verlängern. Die Berechnung der Restlaufzeit erfolgt auf der Grundlage einer konstanten Abfallmenge (siehe Funktion $s(x)$ in Abbildung 30). Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass es sich bei diesem Deponievolumen um geplantes und nicht genehmigtes Ablagerungsvolumen handelt, weshalb es nicht in die Beurteilung der Entsorgungssicherheit einbezogen werden darf.

In den folgenden Absätzen des Kapitels zur Entsorgungssituation in Niedersachsen werden die wesentlichen Ergebnisse zusammengefasst und mit den Erkenntnissen und Aussagen der Studie "Aufkommen und Entsorgung mineralischer Bauabfälle in Niedersachsen" der Ingenieurgesellschaft Prof. Burmeier verglichen.

Eine zentrale Erkenntnis dieser Masterarbeit ist, dass Niedersachsen ab dem Jahr 2026, je nach Entwicklung des Abfallaufkommens, mit einer zunehmend schwierigen Entsorgungssituation für Bau- und Abbruchabfälle konfrontiert sein wird. Ohne die Genehmigung und den Bau neuer Deponiekapazitäten wird es voraussichtlich gegen Ende des Jahres 2030 nicht mehr möglich sein, Abfälle der Deponieklassen DK0 und DK1 innerhalb des Bundeslandes zu entsorgen. Die Prognose lautet, dass sich die immer kritischer werdende Entsorgungssituation in Niedersachsen in hohen Transport-

²¹⁶ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 83.

²¹⁷ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 83.

²¹⁸ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 84.

distanzen, erheblichen Kostensteigerungen und einer Verlagerung von gering belasteten Materialien auf technisch hochwertigere Deponien äußern wird.²¹⁹

Diese Ergebnisse stimmen auch mit den Erkenntnissen der Vergleichsstudie überein. Die Ingenieurgesellschaft betont, dass mehr als die Hälfte der Landesfläche Niedersachsens nicht angemessen mit Deponiekapazitäten der Klassen DK0 und DK1 ausgestattet ist.²²⁰ Sie stellen außerdem fest, dass die niedersächsischen Deponien ungleichmäßig verteilt sind:

„Bei einer gleichmäßigen geografischen Verteilung wären theoretisch rund sechs neue Deponiestandorte DK1 erforderlich, um landesweit die Erreichbarkeit einer Deponie in einer Entfernung von etwa 35 Kilometern zu gewährleisten.“²²¹

Eine weitere bedeutsame Erkenntnis der Analyse besteht darin, dass das Aufkommen mineralischer Bauabfälle in Niedersachsen auf einem anhaltend hohen Niveau verbleiben wird. In diesem Bundesland überlagern sich gleichzeitig verschiedene abfallwirtschaftliche Entwicklungen, die unmittelbare Auswirkungen auf die Entsorgungssituation haben.²²²

Ein exemplarisches Beispiel hierfür ist die Erneuerung der Straßen- und Schieneninfrastruktur. Für das Bundesland stehen im Verlauf der 2020er Jahre erhebliche Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur bevor, welche einen signifikanten Beitrag zur Gesamtabfallmenge leisten werden.²²³

Des Weiteren wird der Abschluss zweier Großprojekte zur Verwertung mineralischer Bau- und Abbruchabfälle voraussichtlich zu einem zusätzlichen Deponierungsaufkommen von etwa einer Million Tonnen ab dem Jahr 2020 führen. Aufgrund des Mangels an geeigneten Folgeprojekten zur Verwertung mineralischer Bauabfälle wird diese Menge auf Deponien entsorgt werden müssen.²²⁴ Von ökologischer sowie ökonomischer Perspektive aus betrachtet, ist die Ablagerung von verwertungsfähigen Abfällen auf technisch hochwertig ausgestatteten Deponien äußerst problematisch.

Darüber hinaus wird erwartet, dass die strengen Anforderungen der Ersatzbaustoffverordnung zu einem deutlichen Rückgang der Recyclingquote führen werden.²²⁵ Eine Studie zur gegenwärtigen und zukünftigen Entsorgung mineralischer Abfälle in der Bundesrepublik prognostiziert den Rückgang der Recyclingquote für mineralische Bauabfälle für die Abfallarten Bauschutt und Straßenaufbruch auf 30 bis 35 Prozent.²²⁶

²¹⁹ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 85 f.

²²⁰ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 59.

²²¹ (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 59, Absatz 2.

²²² Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 83.

²²³ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 83.

²²⁴ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 83.

²²⁵ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 84.

²²⁶ Vgl. (Oetjen-Dehne, et al., 2013), S. 17, Tabelle 8-1, Zeile 4-7, Spalte 2 & 3.

Wenn diese Prognose auf Niedersachsen übertragen wird, ergibt sich, dass eine zusätzliche Menge von 3,26 Millionen Tonnen Bauabfällen auf den Deponien des Landes entsorgt werden müsste. Im Jahr 2018 wurden in Niedersachsen 9,32 Millionen Tonnen recycelt und aufbereitet. Eine Reduzierung dieser Menge um 35 Prozent würde bedeuten, dass jährlich nur noch 6,06 Millionen Tonnen verwertet werden, während die Differenz von 3,26 Millionen Tonnen zusätzlich auf Deponien entsorgt werden müsste (s. Abbildung 27).

Abschließend bleibt zu konstatieren, dass die Entsorgungssituation im Bundesland Niedersachsen angespannt ist und sich in den kommenden Jahren aufgrund der vorliegenden Forschungsergebnisse voraussichtlich signifikant verschärfen wird. In beiden untersuchten Deponieklassen DK0 und DK1 besteht ein akuter Bedarf an zusätzlichen Kapazitäten. Sollten bis zum Jahr 2030 keine neuen Ablagerungsvolumina geschaffen werden, sieht sich die Bauwirtschaft erheblichen ökonomischen und ökologischen Herausforderungen ausgesetzt. Um die Verwertungswege zu stärken und die Entsorgungssituation zu verbessern, sind jedoch auch Großprojekte wie die Verfüllung ehemaliger Abbaustätten oder die Abdeckung von Rückstandshalden mit ungefährlichen Bau- und Abbruchabfällen schnellstmöglich anzustoßen. Angesichts von Planungs- und Realisierungszeiträumen von bis zu zehn Jahren für neue Entsorgungsstandorte ist es von entscheidender Bedeutung, diese Projekte umgehend anzugehen.

3.2.5 Sachsen

Zum Abschluss der Analyse zur Entsorgung und Bewertung der Deponiekapazitäten wird das Bundesland Sachsen untersucht. Mit einem baugewerblichen Umsatz von acht Milliarden Euro nimmt Sachsen den fünften Platz in der quantitativen empirischen Analyse ein. In Summe standen drei maßgebende Sekundärquellen für die Erhebung der Abfall- und Deponiedaten zur Verfügung.

Die Grundlage für die Erfassung der wesentlichen Daten bilden die Tabellen des Statistischen Landesamtes Sachsen zur Aufbereitung und Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen (Q II 4) sowie zur Behandlung und Entsorgung von Abfällen in Abfallentsorgungsanlagen (Q II 8). Die vorliegenden statistischen Berichte stützen sich auf die Ergebnisse der Datenerhebungen im Bereich der Abfallwirtschaft gemäß den Bestimmungen des Gesetzes zur Umweltstatistik (Umweltstatistikgesetz – UStatG).²²⁷ Der analysierte Berichtszeitraum erstreckt sich für das Bundesland Sachsen von 2014 bis 2020. Aufgrund der unvollständigen Berichterstattung im Jahr 2020 bezüglich bestimmter Kategorien von Bau- und Abbruchabfällen wurde der Fokus insbesondere auf das Berichtsjahr 2018 gelegt. Bei der Rückbesinnung auf die Entsorgungsanalysen anderer Bundesländer ist festzustellen, dass bis auf Nordrhein-Westfalen alle Berechnungen der Restlaufzeiten auf den Daten des Berichtsjahres 2018 beruhen. Diese Tatsache verdeutlicht einerseits, dass die jüngsten verfügbaren Abfalldaten sechs Jahre alt sind, und andererseits gewährleistet dies eine solide Vergleichbarkeit der Ergebnisse zum Abschluss dieser Studie.

Zusätzlich zu den Daten des Statistischen Landesamtes wurde auch der aktuelle Abfallwirtschaftsplan des Freistaates herangezogen. Dieser Plan ist eine Aktualisierung des Berichts von 2016 und verfolgt das Ziel, die Abfallwirtschaft in Sachsen hin zu einer Kreislaufwirtschaft umzugestalten.²²⁸ Herausgegeben wurde der Abfallwirtschaftsplan im Oktober 2023 vom Sächsischen Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft. Das Kapitel zum Thema Bau- und Abbruchabfälle im Abfallwirtschaftsplan konzentriert sich vorrangig auf das Abfallaufkommen. Aspekte wie Entsorgungswege, Verwertungsquoten, Deponiekapazitäten, Prognosen künftiger Abfallmengen oder die Auswirkungen rechtlicher Entwicklungen bleiben unbeachtet. Für eine vertiefte Betrachtung dieser Themen verweist der Abfallwirtschaftsplan auf eine Studie des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) aus dem Jahr 2020.²²⁹

²²⁷ Vgl. (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), Bericht Q II 4, S. 5.

²²⁸ Vgl. (Redaktion Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, 2023), S. 7.

²²⁹ Vgl. (Redaktion Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, 2023), S. 165.

Die vorliegende Studie mit dem Titel „MinRessource II“ untersucht die aktuelle Entsorgungssituation in Sachsen, prognostiziert das zukünftige Aufkommen an mineralischen Abfällen bis zum Jahr 2035 und ermittelt den erforderlichen Bedarf an Deponiekapazitäten.²³⁰ Sie baut auf den Erkenntnissen der vorangegangenen Untersuchung „MinRessource I“ aus dem Jahr 2016 auf, welche sich mit dem nachhaltigen Management von mineralischen Primär- und Sekundärrohstoffen befasste. Basierend auf den Erkenntnissen von „MinRessource I“ wurden Handlungsempfehlungen entwickelt, um eine umweltschonende Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen zu fördern und den tatsächlichen Deponiebedarf in Sachsen zu ermitteln. Die Studie „MinRessource II“ greift diese Empfehlungen auf und quantifiziert den Bedarf an Deponiekapazitäten für DK0- und DK1-Deponien für mineralische Abfälle bis zum Jahr 2035.²³¹ Diese Analyse bietet eine solide Grundlage für den Vergleich mit den Ergebnissen dieser Masterarbeit im abschließenden Kapitel. Die Gegenüberstellung zweier unabhängiger Studien hat sich bereits in den vorherigen Abschnitten als äußerst hilfreich erwiesen.

Nach der Erläuterung der zu Grunde liegenden Daten und Berichte erfolgt im Anschluss die Analyse der erfassten Abfallmenge für das Jahr 2018. In Übereinstimmung mit den vorherigen Ausführungen (vgl. Kapitel 3.1) liegt der Schwerpunkt auf den Abfällen der Kategorie AVV 17.

Bau- und Abbruchabfälle stellen auch in Sachsen den mengenmäßig bedeutendsten Abfallstrom dar. Im Jahr 2018 wurden über 18 Millionen Tonnen gefährlicher und nicht gefährlicher Abfälle entsorgt. Von diesen entfielen mehr als 11 Millionen Tonnen auf die Kategorie der Bau- und Abbruchabfälle.²³²

Dies entspricht einem prozentualen Anteil von über 60 Prozent an der Gesamtabfallmenge, womit das Bundesland Sachsen deutlich über dem Bundesdurchschnitt von 55 Prozent liegt. Innerhalb der 11,33 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle entfielen 5,40 Millionen Tonnen auf die Abfallart mit der Schlüsselnummer 17 01 – Bauschutt.²³³ An zweiter Stelle liegt mit 4,89 Millionen Tonnen die Abfallkategorie Bodenaushub, gefolgt von Straßenaufbruch mit einer Gesamtmenge von 1,04 Millionen Tonnen. Im Durchschnitt der drei Abfallarten wurden mehr als 95 % einer Verwertung zugeführt. Lediglich 4,64 Prozent der Bauabfälle wurden auf Deponien der Klasse DK0 und DK1 entsorgt, was einer Menge von 0,53 Millionen Tonnen entspricht. Der Großteil der beseitigten Abfälle entfiel auf Bodenaushub mit 0,30 Millionen Tonnen, während Bauschutt und Straßenaufbruch zusammen 0,23 Millionen Tonnen ausmachten.²³⁴

²³⁰ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 8.

²³¹ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 8.

²³² Vgl. (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), Bericht Q II 4 und Q II 8.

²³³ Vgl. (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), Bericht Q II 4 und Q II 8.

²³⁴ Vgl. (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), Bericht Q II 4 und Q II 8.

Die Aufschlüsselung des Aufkommens der Bau- und Abbruchabfälle nach den jeweiligen Abfallschlüsseln ist in Abbildung 31 dargestellt.

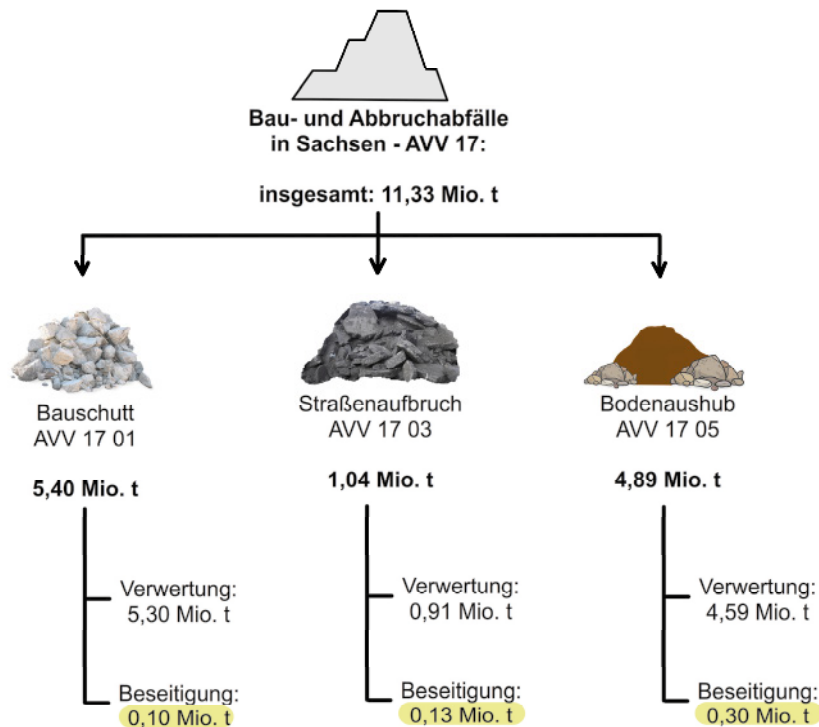


Abbildung 31 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), 23.05.2024]

Bei der weiteren Analyse der Abfallströme wird deutlich, dass der Großteil der verwerteten Materialien zur Verfüllung von überägigen Abbaustätten oder Tagebauen verwendet wird. Über den Zeitraum von 2014 bis 2020 ist die Menge leicht angestiegen. Im Jahr 2018 erreichte die Verwertung mit 5,72 Millionen Tonnen abgelagerter Abfälle in Tagebauen ihren Höhepunkt.²³⁵ Die Menge an Abfällen, die für den Deponiebau oder Rekultivierungsmaßnahmen genutzt wurde, blieb seit 2014 nahezu konstant bei rund 0,3 Millionen Tonnen. Der deutlichste Anstieg bei den Verwertungsmengen zeigt sich im Bereich des Recyclings und der Bauschuttaufbereitung. Seit 2014 ist die Menge der recycelten und aufbereiteten Materialien um 1,89 Millionen Tonnen auf 5,32 Millionen Tonnen im Jahr 2020 gestiegen.²³⁶ Damit übertraf die Recyclingmenge im Jahr 2020 sogar die Menge der in ehemaligen Tagebauen verwerteten Abfälle und entsprach knapp 50 Prozent der Gesamtabfallmenge. Der Anstieg des Recyclings ist nicht zuletzt auf die gesetzlichen Anforderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zurückzuführen. Jedoch ist bei der Betrachtung der deponierten Abfallmenge nicht klar, ob die Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes greift. Die Beseitigung und Ablagerung von Bauabfällen ist von 2014 bis 2018 angestiegen und zeigte 2020 einen

²³⁵ Vgl. (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), Bericht Q II 4 und Q II 8.

²³⁶ Vgl. (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), Bericht Q II 4 und Q II 8.

Rückgang auf 0,33 Millionen Tonnen.²³⁷ Die beschriebenen Entwicklungen der sächsischen Menge an Bau- und Abbruchabfällen können anhand von Abbildung 32 nachvollzogen werden.

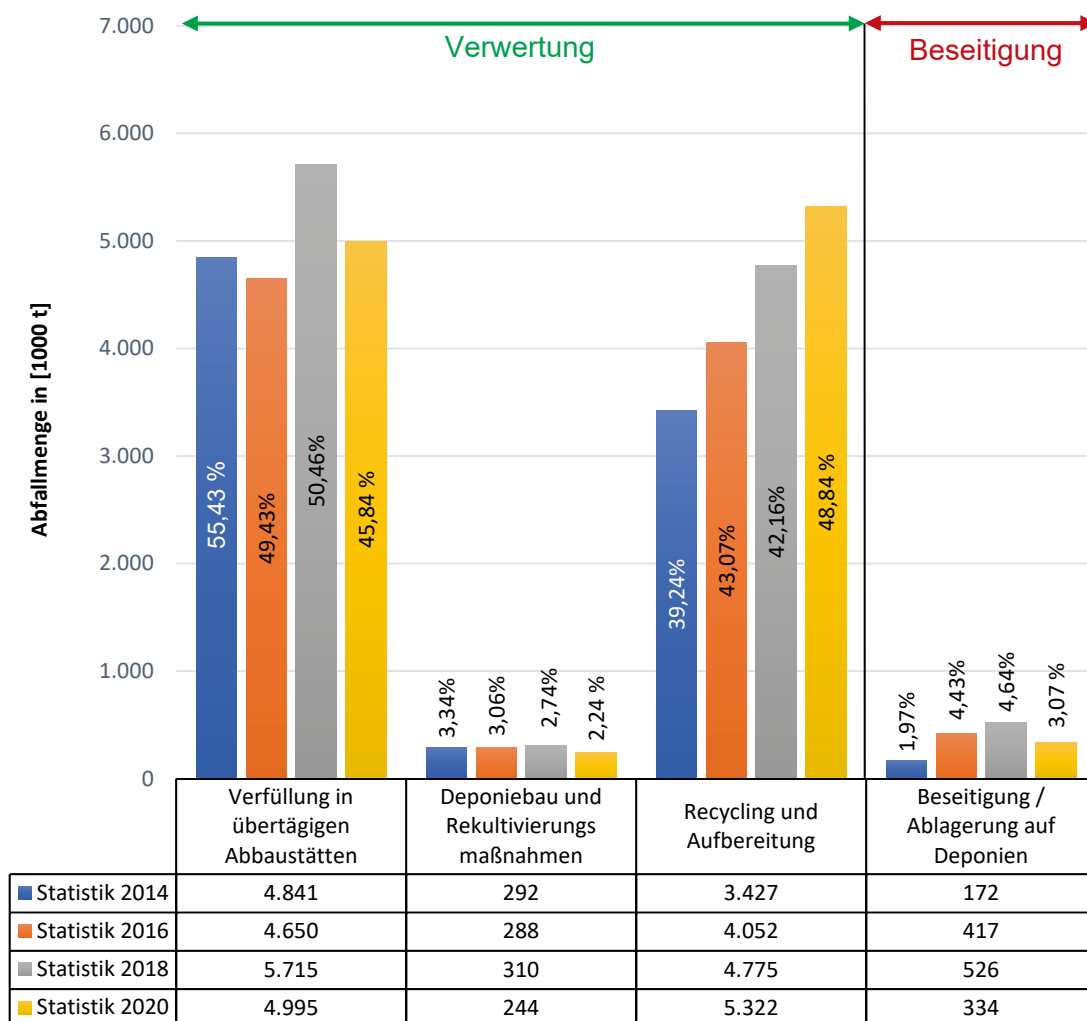


Abbildung 32 Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), 23.05.2024]

Das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie präsentiert in der Studie „MinRessource II“ potenzielle Prognosen bezüglich der Entwicklung der Abfallmenge. Unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren und ihrer Entwicklungsverläufe wird ein Anstieg der Abfallmenge um 7,5 Prozent bis zum Jahr 2035 prognostiziert.²³⁸ Für den Bereich der Abfallgruppe 17 05 – Bodenaushub wird lediglich ein geringer Anstieg in Sachsen erwartet. Ebenso wird eine kontinuierliche Zunahme der Menge an Straßenaufbruch erwartet.²³⁹ Diese Steigerungen werden durch den Ausbau und die

²³⁷ Vgl. (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), Bericht Q II 4 und Q II 8.

²³⁸ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 44.

²³⁹ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 46.

Instandhaltung der straßengebundenen Infrastruktur verursacht, welche in kürzeren Sanierungsintervallen erfolgen sollen.²⁴⁰

Das Aufkommen an Bauschutt soll hingegen einen signifikanten Anstieg verzeichnen. Das Landesamt für Umwelt führt diesen Anstieg auf die überalterte Bausubstanz sächsischer Gebäude sowie auf die zunehmenden Aktivitäten im Bereich der Sanierung und des Bauens im Bestand zurück.²⁴¹ Zusammenfassend wird der Anstieg der drei relevanten Abfallarten auf eine Gesamtmenge von etwa 0,70 Millionen Tonnen geschätzt.

Im weiteren Verlauf dieser wissenschaftlichen Arbeit liegt der Fokus zunächst auf der Menge der im Jahr 2018 deponierten Abfälle. Diese Menge von 0,53 Millionen Tonnen setzt sich aus 0,3 Millionen Tonnen Bodenaushub, 0,13 Millionen Tonnen Straßenaufbruch und 0,10 Millionen Tonnen Bauschutt zusammen (s. Abbildung 31). Sie dient als Ausgangswert für die Berechnung der Entsorgungssicherheit im Bundesland Sachsen.

Um eine Beurteilung der Entsorgungssicherheit im Bundesland Sachsen zu ermöglichen, ist neben der Menge der entsorgten Abfälle auch das verbleibende Volumen der Deponien von Bedeutung. Wie in den vorangegangenen Analysen ist das für die Beseitigung von Abfällen zur Verfügung stehende Restvolumen der Deponieklassen DK0 und DK1 in der Ablagerungsphase maßgebend. Etwaige Volumina, die sich noch in der Planungs- und Genehmigungsphase befinden, werden bei der ersten Betrachtung der Entsorgungssicherheit nicht einbezogen.

Im Jahr 2018 waren in Sachsen insgesamt sieben Deponien aller Deponieklassen in der Ablagerungsphase aktiv.²⁴² Mit der Inbetriebnahme einer DK1-Deponie in Rothschönberg, die über ein Ablagerungsvolumen von 504.000 Kubikmetern verfügt, wurde das Angebot an Deponiekapazitäten erweitert.²⁴³ Im Bereich der Deponieklasse DK0 gibt es zwei Deponien im Bundesland mit einem verbleibenden Volumen von insgesamt 234.000 Kubikmetern. Sowohl diese beiden DK0-Deponien als auch die neue DK1-Deponie in Rothschönberg befinden sich in der Nähe von Dresden.²⁴⁴ Für die Zwecke dieser Untersuchung werden ausschließlich diese drei Deponien, welche unter die Deponieklasse 0 und 1 fallen, in Betracht gezogen.

Es ist jedoch bekannt, dass Abfälle, wie Bodenaushub, Straßenaufbruch oder Bauschutt, die den Deponieklassen DK0 und DK1 zugeordnet sind, aufgrund von Entsorgungsengpässen auf hochwertigeren Deponien entsorgt werden müssen. Trotzdem verfügt das Bundesland Sachsen auch im Bereich der Deponieklassen DK2 und DK3

²⁴⁰ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 46.

²⁴¹ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 45.

²⁴² Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 27.

²⁴³ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 27.

²⁴⁴ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 28, Tabelle 15.

über eine begrenzte Anzahl von Einrichtungen. Für die Entsorgung gefährlicher Abfälle stehen drei DK2-Deponien mit einem Restvolumen von insgesamt 519.000 Kubikmetern und eine DK3-Deponie mit einem Ablagerungsvolumen von 420.000 Kubikmetern zur Verfügung.²⁴⁵

Zwei spezifische Merkmale der Deponiesituation in Sachsen fallen besonders auf. Zum einen besteht trotz des hohen Bauaktivitätsniveaus, das anhand des baugewerblichen Umsatzes als fünftgrößtes Bundesland gemessen wurde, eine auffällig niedrige Anzahl an Deponiebetrieben. Zum anderen konzentrieren sich die vorhandenen Deponien hauptsächlich im Norden des Landes in der Nähe von Dresden. Diese Situation führt zu Transportentfernungen von über 100 Kilometern und stellt besonders für die südlichen Landkreise eine Herausforderung dar (s. Abbildung 34). Insbesondere der Vogtlandkreis, Zwickau, der Erzgebirgskreis, Leipzig sowie Nord- und Mittelsachsen verfügen über keine eigenen Deponien und sind auf lange Transportwege angewiesen, um ihre Abfälle zu entsorgen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Lage der Deponien im Bundesland Sachsen.

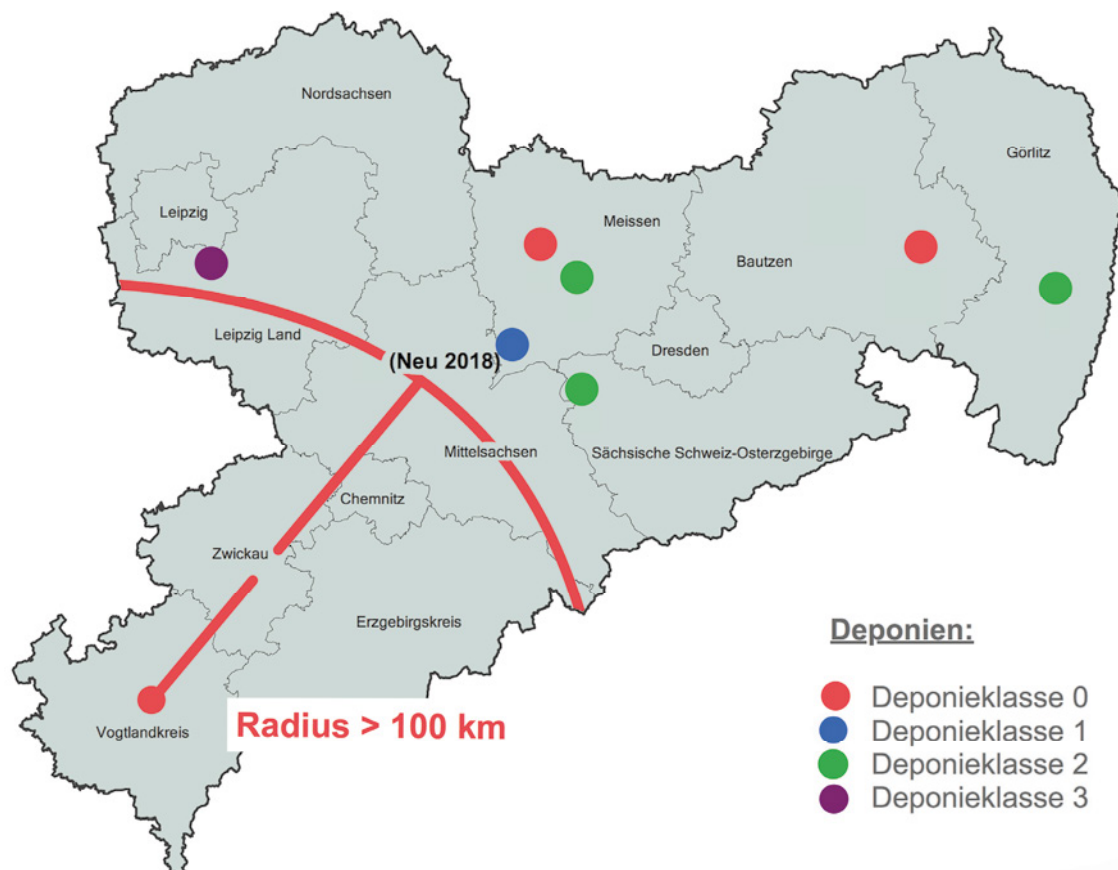


Abbildung 33 Deponiestandorte im Bundesland Sachsen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Schütz & Becker, 2020), S. 29, Abbildung 1, 24.05.2024]

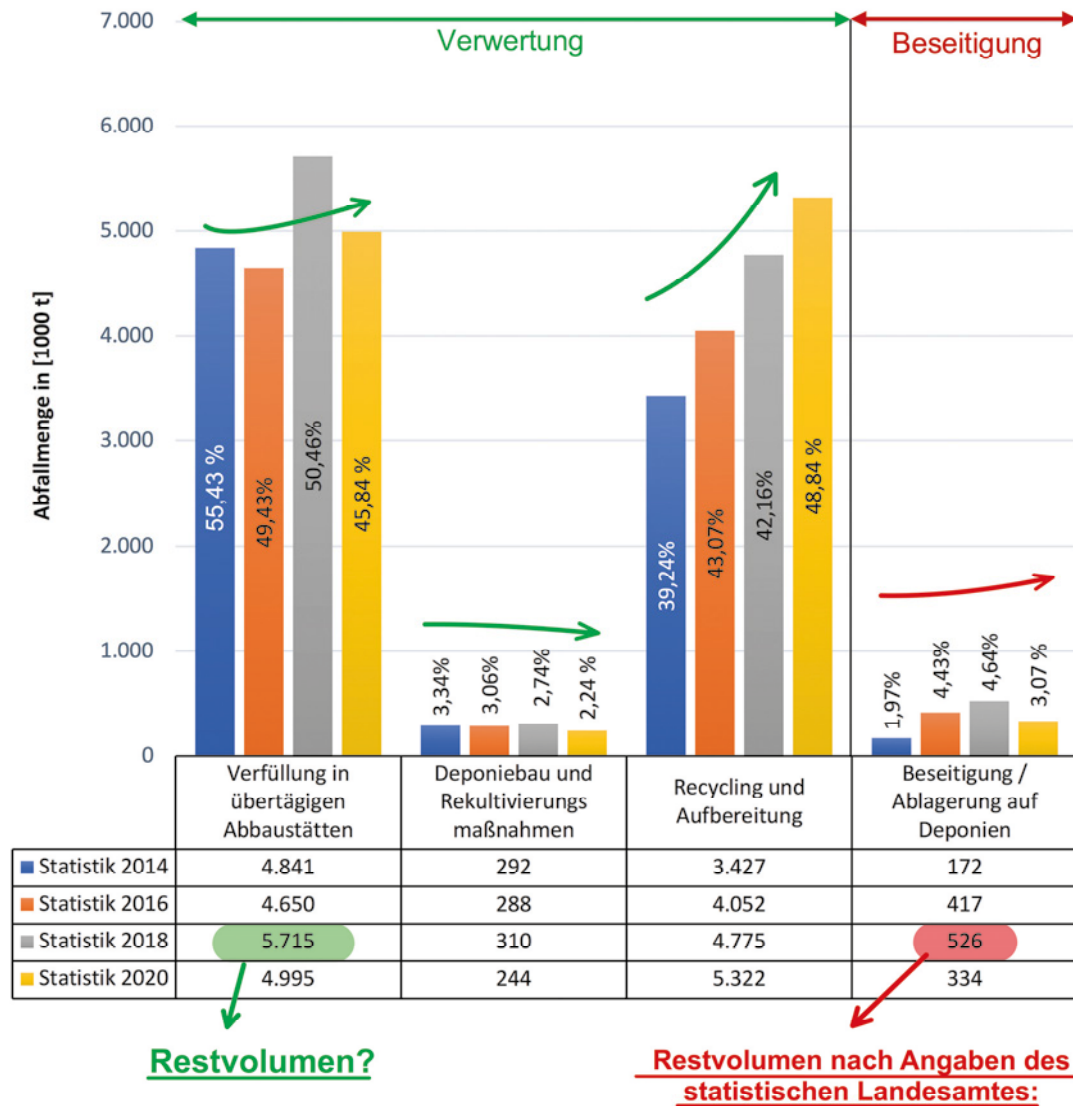
²⁴⁵ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 28, Tabelle 15.

Im Rahmen der initialen Entsorgungsanalyse werden ausschließlich die drei Deponien der Klassen DK0 und DK1 betrachtet, welche sich in der Ablagerungsphase befinden. Bis Ende 2018 waren in Sachsen drei neue Deponieprojekte genehmigt worden, verfügten jedoch noch nicht über eine bauliche Umsetzung.²⁴⁶ Eine dieser drei Neuerungen zielt darauf ab, die Deponiekapazität der Klasse DK0 um 309.000 Kubikmeter zu erweitern und wird erneut im Raum Dresden realisiert. Des Weiteren ist eine Erweiterung der DK0-Deponien um 1.500.000 Kubikmeter in der ehemaligen Tongrube „Taucha“ in der Region Leipzig geplant. Innerhalb derselben Deponie soll zudem im südlichen Bereich ein DK1-Abschnitt mit einer Kapazität von 1.800.000 Kubikmetern entstehen.²⁴⁷ Die Auswirkungen dieser noch nicht realisierten, jedoch geplanten Deponiekapazitäten auf die Entsorgungssituation in Sachsen werden durch eine separate Berechnung in der mathematischen Langzeitsimulation berücksichtigt.

Basierend auf den ermittelten Abfallmengen und den verfügbaren Deponiekapazitäten für die Klassen DK0 und DK1 wird die Abbildung 34 als Grundlage für die Langzeitsimulation erstellt. Diese Abbildung zeigt, dass im Jahr 2018 eine Gesamtmenge von 0,53 Millionen Tonnen Bau- und Abbruchabfälle auf Deponien der Klassen DK0 und DK1 mit einem verbleibenden Volumen von insgesamt 738.000 Kubikmetern abgelagert wurde. Durch die Berücksichtigung dieser Ausgangswerte sowie der in Kapitel 3.1 festgelegten Umrechnungsfaktoren und verschiedener Szenarien lässt sich die Restlaufzeit der Deponien des Bundeslandes mathematisch ermitteln. Auf Seite 110 wird die Gesamtdarstellung von Abfallaufkommen und Deponievolumen präsentiert, während auf Seite 111 die mathematische Berechnung des „Best-Case“-Szenarios zu finden ist.

²⁴⁶ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 30, Tabelle 17.

²⁴⁷ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 30, Tabelle 17.



keine Angaben...



Verwertung zur Geländemodellierung, o.Ä.?

keine Angaben ...



Deponieklasse 0:

Mineralische Abfälle
(z.B. unbelasteter Erdaushub)

Restvolumen: 234.000 m³

genehmigt: 1.809.000 m³



Deponieklasse 1:

(Mäßig belasteter Erdaushub oder Bauschutt)

Restvolumen: 504.000 m³

genehmigt: 1.800.000 m³



Deponieklasse 2:

(Regeldeponie für vorbehandelten Hausmüll)

Restvolumen: 1.519.000 m³

Abbildung 34 Abfallaufkommen und Deponievolumen in Sachsen [Eigene Darstellung, 24.05.24]

Restlaufzeit der Deponien in Sachsen:

- Beseitigungsmenge 2018: 526.418 Tonnen
davon:
 - AVV 17 05 - Bodenaushub: 299.883 Tonnen
 - AVV 17 03 – Straßenaufbruch: 126.576 Tonnen
 - AVV 17 01 – Bauschutt: 99.959 Tonnen
- Restvolumen DK0: 234.000 Kubikmeter
- Restvolumen DK1: 504.000 Kubikmeter
- Dichte Bodenaushub: 1,80 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)
- Dichte Bauschutt/Straßenaufbruch: 1,30 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)

Berechnung „Best-Case“-Szenario:

1. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 05 – Bodenaushub):

$$\frac{299.883 \frac{t}{Jahr}}{1,80 \frac{t}{m^3}} = 166.602 \frac{m^3}{Jahr}$$

2. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 03 – Straßenaufbruch):

$$\frac{126.576 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 97.366 \frac{m^3}{Jahr}$$

3. Beseitigungsmenge in Kubikmetern pro Jahr (AVV 17 01 – Bauschutt):

$$\frac{99.959 \frac{t}{Jahr}}{1,30 \frac{t}{m^3}} = 76.892 \frac{m^3}{Jahr}$$

4. Restlaufzeit der Deponien (Klasse DK0 und DK1) in Sachsen:

$$\frac{\text{Restvolumen}}{\text{Abfallmenge}} = \frac{234.000 m^3 + 504.000 m^3}{166.602 \frac{m^3}{Jahr} + 97.366 \frac{m^3}{Jahr} + 76.892 \frac{m^3}{Jahr}} = 2,17 \text{ Jahre}$$

Basierend auf den Daten aus dem Jahr 2018 hätten die bereits erschlossenen Deponiekapazitäten bei unverändertem Abfallaufkommen nur bis zum Jahr 2020 ausgereicht. Nach Konsultation von Experten aus Entsorgungs- und Deponiebetrieben in Sachsen zeigt sich, dass dieser Engpass zu erheblichen Kostensteigerungen führte. Durch die Erschließung der bereits im Jahr 2018 genehmigten, aber noch nicht verfügbaren Kapazitäten konnte die Entsorgungsproblematik vorübergehend gemildert werden. Für das „Best-Case“-Szenario mit konstantem Abfallaufkommen ergibt sich durch die zusätzlichen Kapazitäten folgende Änderung der Restlaufzeit der Deponien:

Restlaufzeit der Deponien in Sachsen (Berücksichtigung genehmigter Volumen):

- Beseitigungsmenge 2018: 526.418 Tonnen
davon:
 - AVV 17 05 - Bodenaushub: 299.883 Tonnen
 - AVV 17 03 – Straßenaufbruch: 126.576 Tonnen
 - AVV 17 01 – Bauschutt: 99.959 Tonnen

- Restvolumen DK0: 234.000 Kubikmeter
 ○ zusätzlich genehmigt: 1.809.000 Kubikmeter } 2.043.000 m³

- Restvolumen DK1: 504.000 Kubikmeter
 ○ zusätzlich genehmigt: 1.800.000 Kubikmeter } 2.304.000 m³

- Dichte Bodenaushub: 1,80 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)
- Dichte Bauschutt/Straßenaufbruch: 1,30 t/m³ (günstigster Fall / „Best-Case“)

„Best-Case“-Szenario unter Berücksichtigung genehmigter Volumen:

1. Restlaufzeit der Deponien (Klasse DK0 und DK1) in Sachsen:

$$\frac{\text{Restvolumen}}{\text{Abfallmenge}} = \frac{2.043.000 \text{ m}^3 + 2.304.000 \text{ m}^3}{166.602 \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}} + 97.366 \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}} + 76.892 \frac{\text{m}^3}{\text{Jahr}}} = 12,75 \text{ Jahre}$$

Unter der Annahme eines konstanten Abfallaufkommens und mit der Bedingung, dass sämtliche geplanten Deponien gemäß den von der Landesbehörde ausgewiesenen Deponievolumina errichtet wurden, verfügt Sachsen im besten Szenario über ausreichende Deponiekapazitäten für einen Zeitraum von 12,75 Jahren ab dem Basisjahr

2018. Basierend auf diesen Berechnungen und den festgelegten Annahmen wird im Bundesland Sachsen spätestens im Jahr 2031 ein deutlicher Entsorgungseingpass für Bauschutt und Erdaushub eintreten.

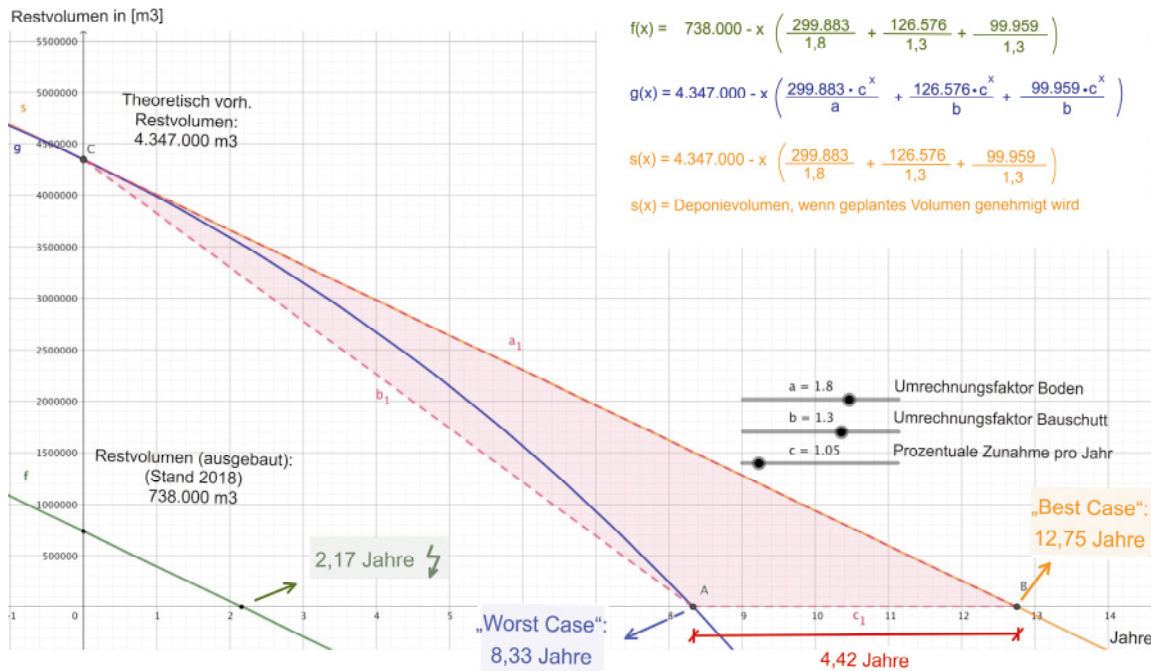


Abbildung 35 Langzeitsimulation Sachsen [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 24.05.24]

Sollten verschiedene Einflussfaktoren zu einer Erhöhung der Abfallmenge um beispielsweise fünf Prozent führen, würde das Deponievolumen in Sachsen trotz der neu erschlossenen Kapazitäten innerhalb von 8,33 Jahren erschöpft sein. Wie bereits zu Beginn des Kapitels zur Abfallmenge erläutert wurde, prognostizieren Experten sogar eine Steigerung der Abfallmenge um bis zu 7,5 Prozent (s. Seite 106). Das „Worst-Case“-Szenario verdeutlicht somit, dass mit hoher Wahrscheinlichkeit bereits weit vor den dreißiger Jahren des 21. Jahrhunderts in Sachsen ein potenzieller Entsorgungseingpass zu erwarten ist. Basierend auf den aktuellsten verfügbaren Daten zum Zeitpunkt der Modellrechnung, wird das Deponievolumen der Klassen DK0 und DK1 in Sachsen ab dem Jahr 2026 zunehmend erschöpft sein und im besten Fall noch für weitere 4,42 Jahre bis Anfang 2031 ausreichen (s. Abbildung 35). Die drei im Jahr 2018 genehmigten Deponieprojekte mit einer zusätzlichen Kapazität von 1.809.000 Kubikmetern für die Klasse DK0 und 1.800.000 Kubikmetern für die Klasse DK1 tragen nicht dazu bei, eine angemessene, schadlose und umweltverträgliche Entsorgung von Bauabfällen über einen längeren Planungshorizont sicherzustellen. Die Resultate der Langzeitsimulation geben Anlass zu einer zügigen Erschließung neuer Kapazitäten.

Um die Aussagekraft und die Validität der Simulationsrechnung zu stärken, wird im folgenden Absatz ein Vergleich mit den Ergebnissen der Studie „MinRessource II“ vorgenommen.

Das Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie analysiert den Bedarf an Deponien der Klasse DK0 und DK1 im Freistaat Sachsen unter Berücksichtigung von drei verschiedenen Szenarien. Diese Szenarien dienen dazu, verschiedene Entwicklungen und ihre Auswirkungen auf den Deponiebedarf darzustellen.²⁴⁸ Das „Basisszenario“ bildet die Grundlage dieser Analyse und entspricht weitgehend dem „Best-Case“-Szenario dieser Masterarbeit. Es berücksichtigt eine konstante Abfallmenge sowie die Deponierestkapazitäten des Jahres 2016.²⁴⁹ Aufbauend auf dieser Grundlage werden zwei weitere Szenarien betrachtet.

Im Rahmen des sogenannten „Szenario 1“ analysiert das Landesamt die Auswirkungen der Mantelverordnung.²⁵⁰ Dabei wird primär davon ausgegangen, dass die Einführung dieser Verordnung zu erheblichen Stoffstromverschiebungen von den übertägigen Abbaustätten hin zu den Deponien der Klassen DK0 und DK1 führen wird. Diese Tendenz lässt sich durch Artikel 2 der novellierten Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) begründen.²⁵¹ Gemäß dieser Regelung dürfen in Verfüllungsstätten oder ehemaligen Tagebauen nur noch bestimmte Materialien wie Bodenmaterial, Baggergut, das aus Sanden und Kiesen besteht, oder geprüfter Gleisschotter eingebaut werden. Die Verwertung von Bauschutt in Verfüllungsstätten ist nur unter besonderen Ausnahmen und mit der Zustimmung der zuständigen Behörde gestattet.²⁵² Im Jahr 2018 wurden über 1,1 Millionen Tonnen Bauschutt in übertägigen Abbaustätten zur Verfüllung genutzt. Daher wird im Szenario 1 "Mantelverordnung" angenommen, dass diese 1,1 Millionen Tonnen zukünftig ausschließlich auf Deponien der Klassen DK0 und DK1 entsorgt werden müssen.²⁵³

Im „Szenario 2“, auch bekannt als das Recycling-Szenario, wird davon ausgegangen, dass der aktuelle und zukünftige Rechtsrahmen zu einer Steigerung der Recyclingmenge führt.²⁵⁴ Die Autoren der Studie gehen davon aus, dass die Anstrengungen zur Steigerung der Recyclingmenge um bis zu 10 % erfolgreich sein werden und über mehrere Jahre hinweg anhalten. Dementsprechend würde sich die Menge, die auf Deponien entsorgt werden müsste, reduzieren.²⁵⁵

Eine der maßgeblichen Erkenntnisse der Studie des Landesamtes ist, dass das verbleibende Volumen der DK0-Deponien voraussichtlich bis zum Jahr 2026 ausreichen wird.²⁵⁶ Diese Prognose basiert auf dem Basisszenario und setzt voraus, dass die geplanten Kapazitäten vollständig umgesetzt werden. Nach Ablauf der achtjährigen

²⁴⁸ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 55.

²⁴⁹ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 55.

²⁵⁰ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 65.

²⁵¹ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 49.

²⁵² Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 50.

²⁵³ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 50.

²⁵⁴ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 68.

²⁵⁵ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 68.

²⁵⁶ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

Übergangsfrist für Verfüllungsstätten nach der Einführung der Ersatzbaustoffverordnung prognostiziert das Landesamt eine mehr als dreifache Steigerung des Bedarfs an DK0-Deponien.²⁵⁷ Es wird erwartet, dass die Deponieklasse DK0 eine Entsorgungsmenge von über 1,3 Millionen Kubikmetern pro Jahr aufweisen wird.²⁵⁸ Die Intensivierung der Recyclingaktivitäten zeigt sich als nur geringfügig beeinflussend auf die verbleibende Betriebsdauer der Deponien.²⁵⁹

Unter Betrachtung ausschließlich der Deponieklasse 1 zeigt sich im Basisszenario, bei Berücksichtigung der bereits genehmigten Deponienuerrichtungen, eine verbleibende Betriebsdauer bis zum Jahr 2035.²⁶⁰ Jedoch prognostizieren die Autoren der Studie auch hier erhebliche Auswirkungen der Ersatzbaustoffverordnung auf die Deponieklasse DK1. Nach Ablauf der achtjährigen Übergangsfrist wird erwartet, dass der Deponierungsbedarf für die Deponieklasse deutlich auf knapp 900.000 Kubikmeter pro Jahr steigt.²⁶¹ Dies würde zu einem abrupten Rückgang der Betriebsdauer der Deponien um mehrere Jahre führen. Unter Einbeziehung aller verfügbaren Kapazitäten in Sachsen würden bereits im Jahr 2028 keine DK1-Deponievolumina mehr zur Verfügung stehen.²⁶²

Zusammenfassend ergibt sich aus den Ergebnissen der Studie, dass das Restvolumen der DK0-Deponien bis zum Jahr 2026 und der DK1-Deponien bis zum Jahr 2035 aufgebraucht sein wird (Basisszenario).²⁶³ Betrachtet man beide Deponieklassen gemeinsam, so zeigt sich, dass das Restvolumen bereits im Jahr 2030 erschöpft sein wird. Dieser Zeitpunkt wurde auch in der mathematischen Langzeitsimulation der Masterarbeit errechnet (s. Abbildung 35). Unter der Annahme, dass alle genehmigten Deponiekapazitäten ausgebaut werden und die Abfallmenge konstant bleibt, lässt sich auf Basis der Berechnungen der Masterarbeit und den Ergebnissen der Studie „MinResource II“ mit erhöhter Sicherheit ein Entsorgungsnotstand für das Jahr 2030 im Freistaat Sachsen prognostizieren.

Gleichzeitig ist jedoch anzumerken, dass die Studie „MinResource II“ für verschiedene Szenarien eine signifikante Zunahme der Abfallmenge ab dem Jahr 2019 prognostiziert.²⁶⁴ Sowohl das „Basisszenario“ der Studie „MinResource II“ als auch das „Best-Case“-Szenario der vorliegenden Masterarbeit werden von den Verfassern mit einer geringeren Eintrittswahrscheinlichkeit eingestuft.

²⁵⁷ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

²⁵⁸ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

²⁵⁹ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

²⁶⁰ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

²⁶¹ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

²⁶² Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

²⁶³ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 73.

²⁶⁴ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 70.

Die tatsächlichen verbleibenden Betriebsdauern der Deponien scheinen sich eher an den Ergebnissen der Szenarien mit einer zunehmenden Abfallmenge zu orientieren.²⁶⁵

Die Zunahme der Abfallströme ist das Resultat verschiedener unvermeidbarer Einflussfaktoren. Der maßgeblichste Einflussfaktor auf die Abfallmenge ist die Verschiebung von Verwertungsstätten hin zu Deponien, die durch die Mantelverordnung ausgelöst wird.²⁶⁶ Diese Verschiebung wird im Bundesland Sachsen zusätzlich durch das Ende der Verwertung im Braunkohletagebau Espenhain verstärkt.²⁶⁷ Gemäß den Angaben des sächsischen Oberbergamtes (OBA) wird die Verwertung von bergbaufremden Abfällen spätestens im Jahr 2022 eingestellt werden. Im Durchschnitt wurden dort jährlich 100.000 Tonnen Bodenaushub und 25.000 Tonnen Bauschutt zur Verfüllung genutzt. Diese Mengen müssen ab dem Jahr 2023 auf Deponien der Klasse DK0 und DK1 beseitigt werden.²⁶⁸

Abschließend kann auch für das Bundesland Sachsen von einer deutlich angespannten Entsorgungssituation gesprochen werden. Die sich immer weiter zuspitzende Entsorgungslage geht gegen Ende der dreißiger Jahre von einem Problem in einen Entsorgungsnotstand über. Sachsen nimmt aufgrund der geringen Anzahl an Deponiestandorten im Vergleich zu anderen Bundesländern eine besondere Position ein. Angesichts der Landesfläche erweisen sich lediglich drei Deponiestandorte aus ökologischer und ökonomischer Perspektive als äußerst problematisch. Bereits vor Erreichen der Kapazitätsgrenzen entstehen aufgrund langer Transportwege und erhöhter Entsorgungskosten erhebliche Herausforderungen.

²⁶⁵ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 85.

²⁶⁶ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 68.

²⁶⁷ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 61.

²⁶⁸ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 61.

In vier von fünf untersuchten Bundesländern zeichnet sich eine alarmierende Knappheit an Deponiekapazitäten für Bau- und Abbruchabfälle der Klassen DK0 und DK1 ab.²⁶⁹ Diese unzureichende Infrastruktur für die Entsorgung führt bereits gegenwärtig zu erheblichen ökologischen und ökonomischen Konsequenzen. Die Praxis, Abfälle in benachbarte Bundesländer zu transportieren, wie sie in einigen Studien und Abfallwirtschaftsplänen beschrieben wird, ist zukünftig weder realisierbar noch aus ökologischer oder ökonomischer Sicht mit einer ordnungsgemäßen und schadlosen Entsorgung gemäß den Anforderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes zu vereinbaren.

Basierend auf Simulationsrechnungen wurde für die Bundesländer Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen und Sachsen unter der Annahme eines konstanten Abfallaufkommens im Durchschnitt ein Entsorgungsnotstand für das Jahr 2028 prognostiziert.²⁷⁰ Die Auswirkungen dieses Notstandes, hervorgerufen durch den größten Abfallstrom des Landes, sind bereits spürbar und zeigen sich in gestiegenen Transportentfernungen verbunden mit einem erhöhten Ausstoß an Treibhausgasen, dem Verbrauch technisch hochwertiger Deponiekapazitäten mit gering belasteten Abfälle, der Förderung illegaler Ablagerungsstätten, steigenden Entsorgungskosten und erheblichen Verzögerungen auf Baustellen und Deponien.²⁷¹ Das nachfolgende Kapitel wird die ökologischen, ökonomischen und sozialen Implikationen des Mangels an Endlagerstätten näher beleuchten.

²⁶⁹ Vgl. Kapitel 3.2.1 bis 3.2.5.

²⁷⁰ Vgl. Kapitel 5.1, Tabelle 12

²⁷¹ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 56 ff. & S. 64 ff.

4 Entsorgung und Nachhaltigkeit in der Bauwirtschaft

Die Bauindustrie steht vor der Herausforderung, vermehrt die ökologischen Konsequenzen ihres Handelns zu verantworten, während die Rufe nach einer nachhaltigen Entwicklung dieser Branche zunehmen. Angesichts der Umweltauswirkungen, die durch Bauprojekte verursacht werden, gewinnt die Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten an Bedeutung (s. Kapitel 2). Deutschland sieht sich einem akuten Entsorgungsproblem gegenüber, insbesondere im Hinblick auf Bodenaushub, Bauschutt und Straßenaufbruch, was die Wichtigkeit der Nachnutzungsphase von Bauwerken erheblich steigert. Die steigenden Restriktionen bezüglich Deponierungsmöglichkeiten unterstreichen die dringende Notwendigkeit von alternativen Entsorgungsmethoden und einer effektiven Verwertung von Baumaterialien. In diesem Zusammenhang wird die Förderung der Kreislaufwirtschaft als unvermeidliche Maßnahme betrachtet, um Ressourcen zu schützen und zu bewahren.

Das Konzept der Nachhaltigkeit basiert auf dem dreisäuligen Modell, welches betont, dass nachhaltiges Handeln gleichermaßen aus den Bereichen Ökologie, Ökonomie und Sozialem bestehen muss (s. Kapitel 2.3). Im kommenden Kapitel wird analysiert, inwiefern das derzeitige Entsorgungsverhalten von Bauabfällen in Deutschland den Anforderungen dieser drei Dimensionen gerecht wird und welche Auswirkungen der Mangel an Deponiekapazitäten mit sich bringt.

4.1 Ökologische Nachhaltigkeit

Für die Bewertung und Analyse der ökologischen Auswirkungen des Entsorgungsverhaltens können verschiedene Kriterien herangezogen werden. Oftmals ist es notwendig, eine Kombination mehrerer Faktoren zur Messung heranzuziehen. Zu den gängigen Kriterien zählen die Erfassung der Treibhausgasemissionen, die Bewertung der Auswirkungen auf natürliche Ökosysteme sowie die Lebensdauer, die Rückbau- und Recyclingfähigkeit von Materialien.²⁷²

Die ökologischen Auswirkungen des Entsorgungsproblems manifestieren sich grundlegend in einem erhöhten CO₂-Ausstoß aufgrund steigender Transportentfernungen, der ineffizienten Nutzung wertvoller Deponievolumina durch die Einlagerung unbedenklicher Bauabfälle, der Begünstigung illegaler Lagerstätten und einer zusätzlichen Lärmbelastung der Umwelt.²⁷³ Die Erfassung der letzten beiden Effekte gestaltet sich im Rahmen dieser Studie als quantitativ zu komplex. Daher wird sich speziell auf die Quantifizierung der Treibhausgasemissionen, insbesondere des CO₂-Ausstoßes, der sich aus dem Transport der Abfälle zu den Deponien ergibt, konzentriert.

²⁷² Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 153 ff.

²⁷³ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 56.

Hierbei dienen die Daten der statistischen Auswertung aus vorangegangenen Kapiteln als Grundlage.

Mithilfe einer CO₂-Bilanz wird die Menge an Treibhausgasemissionen für eine spezifische Aktivität quantifiziert.²⁷⁴ Diese Bilanz ermöglicht die Evaluation und idealerweise Optimierung wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Prozesse im Hinblick auf den Klimaschutz.²⁷⁵ Die Ergebnisse werden dabei in Form von CO₂-Äquivalenten (CO₂e) pro Zeiteinheit angegeben. Dies bedeutet, dass die unterschiedliche Wirkung verschiedener Treibhausgase mit der Klimawirkung von CO₂ verglichen, umgerechnet und summiert wird. Das CO₂-Äquivalent repräsentiert somit die Gesamtmenge aller Treibhausgase, ausgedrückt in Bezug auf die Klimawirkung von CO₂.²⁷⁶

Für die Berechnung der Treibhausgasemissionen, die durch die Entsorgung von Bauabfällen verursacht werden, sind gewisse Grundlagen von wesentlicher Bedeutung und müssen definiert und erläutert werden. Dazu gehören unter anderem die Angabe der Treibhausgasemissionen eines Lastkraftwagens pro Kilometer und Tonne, die durchschnittliche Entfernung zur Entsorgungsstelle sowie das Ladegewicht eines Lastkraftwagens.

Die Emissionsdaten des Güterkraftverkehrs werden zunächst aus den Tabellen des Umweltbundesamtes erhoben. Diese Daten werden vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz herausgegeben. Die aktuellsten verfügbaren Daten für das Bezugsjahr 2022 sind in der nachfolgenden Tabelle 6 dargestellt. In Bezug auf Lastkraftwagen, das primäre Transportmittel für Bauabfälle ab der Baustelle, liegen die gemessenen Treibhausgasemissionen in Form des CO₂-Äquivalents bei einem Wert von 121 Gramm pro Tonne und Kilometer.²⁷⁷

Tabelle 6 Emissionsdaten im Güterverkehr – Bezugsjahr 2022
[(Redaktion Umweltbundesamt , 2024), Tabelle Vergleich der Emissionen]

Transportmittel	Treibhausgase ²⁷⁸	Stickoxide	Partikel
	[g/tkm] Gramm pro Tonnenkilometer		
LKW ²⁷⁹	121	0,198	0,010
Güterbahn	16	0,032	0,001
Binnenschiff	36	0,415	0,011

²⁷⁴ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 57.

²⁷⁵ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 57.

²⁷⁶ Vgl. (Redaktion Umweltbundesamt , 2024), Glossar „CO₂-Äquivalent“.

²⁷⁷ Vgl. (Redaktion Umweltbundesamt , 2024), Emissionen im Güterverkehr.

²⁷⁸ CO₂, CH₄ und N₂O angegeben in CO₂-Äquivalenten

²⁷⁹ LKW ab 3,5 Tonnen, Sattelzüge, Lastenzüge

Die in der Tabelle dargestellten Daten repräsentieren rechnerische Durchschnittsemissionswerte, die auf einer Vielzahl theoretischer Faktoren und wissenschaftlicher Annahmen basieren und für die verschiedenen Transportmittel ermittelt wurden. Es ist jedoch zu beachten, dass die tatsächlichen Emissionen im realen Fahrbetrieb von den in der Tabelle angegebenen Daten minimal abweichen können.²⁸⁰

Nach der Erhebung der relevanten Emissionsdaten ist es erforderlich, die Transportentfernung zum Entsorgungsort zu bestimmen. Es sei darauf hingewiesen, dass in diesem Zusammenhang zunächst nur die Transportrouten für die Beseitigung von Abfällen auf Deponien der Klassen DK0 und DK1 berücksichtigt werden. Transporte zu Verfüllungsstätten, Baustoffaufbereitungsanlagen oder Recyclinganlagen werden erst zu einem späteren Zeitpunkt berücksichtigt. Die Transportentfernung zu den Deponien wird durch die Division der Gesamtfläche des jeweiligen Bundeslandes durch die Anzahl der Deponiestandorte ermittelt. Dabei repräsentiert das Ergebnis der Division das Einzugsgebiet für jeden Deponiestandort. Diese Berechnung basiert auf der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Deponiestandorte über die Landesfläche und der Annahme eines kreisförmigen Einzugsgebiets. Somit entspricht die mittlere Transportentfernung dem Radius des angenommenen Kreises. Aufgrund der realen ungleichmäßigen Verteilung der Deponiestandorte auf die Landesfläche wird ein Korrekturfaktor von 10 km für jedes Bundesland berücksichtigt. Die nachfolgende Abbildung 36 veranschaulicht den Berechnungsweg, der für jedes der fünf Bundesländer durchgeführt wurde. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in der Tabelle 7 aufgeführt.

Beispielrechnung „Mittlere Transportentfernung“ – Bayern (DK0 Deponien):

- Landesfläche Bayern: 70.542 km²
- Deponiestandorte DK0: 275 Stück

1. Einzugsgebiet DK0 – Deponien:

$$\frac{70.542 \text{ km}^2}{275 \text{ Deponien}} = 257 \frac{\text{km}^2}{\text{Deponie}}$$

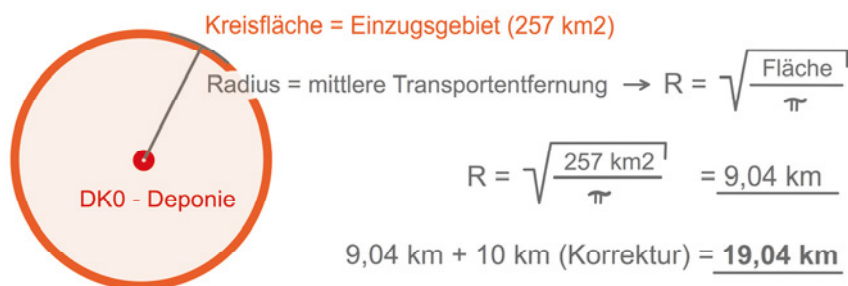


Abbildung 36 Beispielrechnung „Mittlere Transportentfernung“ [Eigene Darstellung, 01.05.2024]

²⁸⁰ Vgl. (Redaktion Umweltbundesamt, 2024), Emissionen im Güterverkehr.

Tabelle 7 Mittlere Transportentfernung [Eigene Berechnung, 01.03.2024] ²⁸¹

Bundes- land	Anzahl Deponien [Stück]		Landes- fläche [km ²]	Einzugsgebiet [km ² /Dep.]		Mittlere Trans- portentfernung + 10 km Korrektur- faktor [km]	
	DK 0	DK I		DK0	DK1	DK0	DK1
Bayern	275	19	70.542	257	3.713	19	45
Nordrhein- Westfalen	77	25	34.115	443	1.365	22	31
Baden- Württem- berg	275	14	35.748	130	2.553	17	39
Nieder- sachsen	2	8	47.709	23.855	5.964	98	54
Sachsen	2	1	18.450	9.225	18.450	65	87
Durchschnittliche Transportentfernung:						44,2	51,2

Basierend auf den Daten in Tabelle 7 beträgt die durchschnittliche Transportentfernung zur Entsorgung von Abfällen der Deponieklasse DK0 in den fünf bewirtschaftlich führenden Bundesländern 44,2 Kilometer. Für die Deponieklasse DK1 liegt die mittlere Transportentfernung bei 51,2 Kilometern. Besonders bemerkenswert sind die deutlich längeren Transportwege zu den Deponien der Klasse DK1, die in nahezu allen Bundesländern über 40 Kilometer liegen. Von besonderer Signifikanz ist auch die außerordentlich hohe mittlere Transportentfernung im Bundesland Sachsen für den Bereich der DK1-Abfälle. Jedoch entstehen auch für die Entsorgung von DK0 Abfällen in den Bundesländern Niedersachsen und Sachsen beträchtliche Transportdistanzen. Aufgrund der Tatsache, dass Niedersachsen nur über zwei DK0-Standorte verfügt, ergibt sich eine durchschnittliche einfache Transportstrecke von knapp 100 Kilometern. Es ist zu beachten, dass diese Berechnung auf der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung der Deponiestandorte über die Landesfläche basiert, weshalb die realen Transportentfernungen für bestimmte Regionen erheblich höher ausfallen können.

²⁸¹ Vgl. Kapitel 3.2, Erhebung der Deponiedaten.

Nachdem die durchschnittlichen Transportdistanzen pro Bundesland ermittelt wurden, folgt die Darstellung der entsorgten beziehungsweise der abtransportierten Abfallmenge. Es wird angenommen, dass 60 Prozent der Abfälle auf DK0-Deponien und 40 Prozent auf DK1-Deponien entsorgt werden. Tabelle 8 gibt eine Übersicht über die beseitigte Menge an Abfällen.

Tabelle 8 Abtransportierte Abfallmenge zu Deponien [Eigene Darstellung, 01.03.2024]²⁸²

Bundesland	Deponierte Abfallmenge Bauschutt, Straßenaufbruch, Bodenaushub	Beseitigung auf DK 0-Deponien	Beseitigung auf DK 1-Deponien
Bayern	5.966.000 t	3.579.600 t	2.386.400 t
Nordrhein- Westfalen	6.591.498 t	3.954.899 t	2.636.599 t
Baden- Württemberg	5.800.000 t	3.480.000 t	2.320.000 t
Niedersachsen	1.449.017 t	869.410 t	570.607 t
Sachsen	526.418 t	315.851 t	210.567 t
Summe:	20.332.933 t	12.199.760 t	8.133.173 t

In den bauwirtschaftlich stärksten Bundesländern Deutschlands wurde eine Abfallmenge von 20,33 Millionen Tonnen auf Deponien der Klasse DK0 und DK1 transportiert.

Für die Berechnung wird davon ausgegangen, dass diese Abfallmenge ausschließlich von Lastkraftwagen transportiert wird, die aus einer Zugmaschine mit zwei Achsen und einem Kippauflieger mit drei Achsen bestehen. Die zulässige Gesamtmasse eines solchen Fahrzeugs beträgt 40,00 Tonnen, wobei das Leergewicht, je nach Fahrzeugtyp und Ausstattung, auf 13,20 Tonnen geschätzt wird. Somit ergibt sich eine Nutzlast beziehungsweise ein Ladegewicht von 26,80 Tonnen.²⁸³ Die Treibhausgasemissionen pro Kilometer im beladenen Zustand berechnen sich demnach wie folgt:

$$121,00 \frac{g}{t \cdot km} \cdot 40 t (\text{Gesamtgewicht}) = 4.840 \frac{g}{km} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} = 4,84 \frac{kg}{km}$$

²⁸² Vgl. Kapitel 3.2, Erhebung der Abfalldaten.

²⁸³ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 57.

Die Emissionen im leeren Transportzustand liegen bei 1,59 Kilogramm pro Kilometer.

$$121,00 \frac{g}{t \cdot km} \cdot 13,20 t \text{ (Leergewicht)} = 1.597 \frac{g}{km} \cdot \frac{1 kg}{1000 g} = 1,59 \frac{kg}{km}$$

Bei der Berechnung der Treibhausgasemissionen wird außerdem die Einschätzung von Bau- und Transportunternehmen berücksichtigt, die den Beladungszustand auf der Rückfahrt von den Deponien in 75 Prozent der Fälle als „voll“ angeben. Diese Einschätzung basiert darauf, dass auf dem Rückweg andere Baumaterialien geladen und zur Baustelle transportiert werden können.²⁸⁴

Basierend auf den bisherigen Erklärungen und der Zusammenstellung wichtiger Daten können die Treibhausgasemissionen, gemessen anhand des CO₂-Äquivalents, die bei der Deponierung von Bauabfällen in den fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländern entstehen, berechnet werden.

Berechnung der jährlichen CO₂e – Emissionen durch die Beseitigung von Bau- und Abbruchabfällen auf Deponien:

- Mittlere Transportentfernung DK0: 44,20 Kilometer
- Mittlere Transportentfernung DK1: 51,20 Kilometer

- Beseitigungsmenge DK0: 12.199.760 Tonnen
- Beseitigungsmenge DK1: 8.133.173 Tonnen

- Lademenge pro LKW-Tour: 26,80 Tonnen

- CO₂e-Emissionen (beladen): 4,84 kg/km
- CO₂e-Emissionen (nicht beladen): 1,59 kg/km

1. Zurückgelegte Strecke zu DK0-Deponien:

$$\frac{12.199.760 t}{26,80 \frac{t}{LKW}} = 455.215 LKW \approx 500.000 LKW \text{ (da LKW nicht immer volle Ausladung)}$$

$$500.000 LKW \cdot 44,20 \frac{km}{LKW} = 22.100.000 km$$

²⁸⁴ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 58.

2. Zurückgelegte Strecke zu DK1-Deponien:

$$\frac{8.133.173 \text{ t}}{26,80 \frac{\text{t}}{\text{LKW}}} = 303.476 \text{ LKW} \approx 340.000 \text{ LKW (da LKW nicht immer volle Ausladung)}$$

$$340.000 \text{ LKW} \cdot 51,20 \frac{\text{km}}{\text{LKW}} = \mathbf{17.408.000 \text{ km}}$$

3. Darstellung der Zwischenergebnisse:

Hinweg DK0 (beladen):	22.100.000 km
Rückweg DK0 (beladen):	16.575.000 km ($\cong 75,00 \%$)
Rückweg DK0 (nicht beladen):	5.525.000 km ($\cong 25,00 \%$)
Gesamte zurückgelegte Strecke DK0:	44.200.000 km

Hinweg DK1 (beladen):	17.408.000 km
Rückweg DK1 (beladen):	13.056.000 km ($\cong 75,00 \%$)
Rückweg DK1 (nicht beladen):	4.352.000 km ($\cong 25,00 \%$)
Gesamte zurückgelegte Strecke DK1:	34.816.000 km

Zurückgelegte Strecke DK0 und DK1: **79.016.000 km**

4. Berechnung der Treibhausgasemissionen durch den Transport zu DK0-Deponien:

$$22.100.000 \text{ km} \cdot 4,84 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 106.964.000 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Hinweg})$$

$$16.575.000 \text{ km} \cdot 4,84 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 80.223.000 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg beladen})$$

$$5.525.000 \text{ km} \cdot 1,59 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 8.784.750 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg nicht beladen})$$

Gesamt: **195.971.750 kg CO₂e**

5. Berechnung der Treibhausgasemissionen durch den Transport zu DK1-Deponien:

$$17.408.000 \text{ km} \cdot 4,84 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 84.254.720 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Hinweg})$$

$$13.056.000 \text{ km} \cdot 4,84 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 63.191.040 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg beladen})$$

$$4.352.000 \text{ km} \cdot 1,59 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 6.919.680 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg nicht beladen})$$

Gesamt: **154.365.440 kg CO₂e**

Gesamt DK0 und DK1: **350.337.190 kg CO₂e**

Bei einer durchschnittlichen Transportentfernung zu den DK0-Deponien von 44,2 Kilometern und zu den DK1-Deponien von 51,2 Kilometern sowie einem jährlichen Aufkommen an zu beseitigenden Abfällen von 20,33 Millionen Tonnen legen etwa 840.000 Lastkraftwagen eine Strecke von insgesamt 79.016.000 Kilometern zurück. Die daraus resultierenden CO₂e-Emissionen belaufen sich auf über 350.000 Tonnen. Gemäß der Faustformel beträgt die jährliche Kohlenstoffdioxid Speicherleistung eines Mischwaldes etwa sechs Tonnen pro Hektar und Jahr.²⁸⁵ Der Emissionseintrag an CO₂ durch den Transport von Bauabfällen zu DK0- und DK1-Deponien, der über 350.000 Tonnen erreicht, entspricht in seiner Größenordnung der CO₂-Speicherleistung von circa 58.390 Hektar Mischwald pro Jahr.

Zur Einordnung des Ergebnisses ist es von Bedeutung anzumerken, dass es sich ausschließlich um die Treibhausgasemissionen handelt, die durch den Transport von Abfällen zu Deponien verursacht werden. Diese Menge stellt jedoch lediglich 5 bis 10 Prozent der Gesamtmenge an Bau- und Abbruchabfällen in den jeweiligen Bundesländern dar. Die tatsächlichen Treibhausgasemissionen, die durch den Transport mit Lastkraftwagen zu Verfüllungsstätten, Baustoffaufbereitungsanlagen oder thermischen Abfallbehandlungsanlagen entstehen, sind beträchtlich höher.

Aufgrund unvollständiger Informationen zur genauen Berechnung des „Carbon Footprints“²⁸⁶, wie beispielsweise die Anzahl der Verfüllungsstätten pro Bundesland oder die durchschnittliche Transportentfernung zu Verwertungsanlagen, kann lediglich eine grobe Abschätzung der Gesamtemissionen basierend auf verschiedenen Annahmen vorgenommen werden. Dennoch wird diese Annäherung als bedeutend für die Bewertung der ökologischen Nachhaltigkeit des aktuellen Entsorgungssystems erachtet.

²⁸⁵ Vgl. (Muntendorf, 2024), „Wie viel Kohlendioxid (CO₂) speichert der Baum bzw. der Wald?“.

²⁸⁶ „Carbon Footprint“: CO₂-Fußabdruck.

Die erste Annahme geht davon aus, dass die durchschnittlichen Transportdistanzen zu Verwertungsanlagen denen zu DK0 und DK1 Deponien entsprechen. Dies ergibt eine einfache Transportentfernung von 47,7 Kilometern. Besonders erwähnenswert ist, dass dieser Wert dem Ergebnis einer repräsentativen Umfrage des Verbandes Baugewerblicher Unternehmer Hessen entspricht. Eine Umfrage unter den Mitgliedsunternehmen des Verbandes ergab, dass im Jahr 2018 die durchschnittliche Transportentfernung von Bauabfällen bei 47 Kilometern lag.²⁸⁷ Somit kann der Ansatz von 47,7 Kilometern für die Wege zu den Verwertungsstätten von Bauabfällen in den fünf Bundesländern als ein valider Näherungswert betrachtet werden.

Als nächstes erfolgt die Quantifizierung der Abfallmenge, die zu Verfüllungsstätten, ehemaligen Tagebauen, Bodenbehandlungsanlagen, Bauschutt- und Asphaltemischanlagen transportiert wurde. Hierbei wurden die relevanten Daten aus Kapitel 3.2 extrahiert und in die nachfolgende Tabelle 9 eingefügt. Die präsentierten Daten beziehen sich jeweils auf das aktuellste Jahr der Untersuchung.

Tabelle 9 Abtransportierte Abfallmenge zur Verwertung [Eigene Darstellung, 01.03.2024]²⁸⁸

Bundesland	Verwertete Abfallmenge
	in Verfüllungsstätten, in Tagebauen, zum Deponiebau, in Bodenbehandlungsanlagen in Bauschuttaufbereitungs- und Asphaltemischanlagen
Bayern	44,05 Mio. t
Nordrhein-Westfalen	29,12 Mio. t
Baden-Württemberg	34,30 Mio. t
Niedersachsen	17,57 Mio. t
Sachsen	10,80 Mio. t
Summe:	135,84 Mio. t

Unter Berücksichtigung der festgelegten Annahmen und Näherungswerte ist es nun möglich, die Treibhausgasemissionen, gemessen anhand des CO₂-Äquivalentes, für die Verwertung von Bauabfällen in den fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländern auf der Grundlage des gleichen Berechnungsmusters wie für die deponierten Abfälle zu ermitteln.²⁸⁹

²⁸⁷ Vgl. (Brucato, 2018), „Menge der Bauabfälle steigt weiter – Erdaushub ist das größte Problem“.

²⁸⁸ Vgl. Kapitel 3.2, Erhebung der Abfalldaten.

²⁸⁹ Vgl. Berechnung S. 114.

Berechnung der jährlichen CO₂e – Emissionen durch die Verwertung von Bau- und Abbruchabfällen:

- Mittlere Transportentfernung: 47,70 Kilometer
- Verwertungsmenge: 135,84 Mio. Tonnen
- Lademenge pro LKW-Tour: 26,80 Tonnen
- CO₂e-Emissionen (beladen): 4,84 kg/km
- CO₂e-Emissionen (nicht beladen): 1,59 kg/km

1. Zurückgelegte Strecke zu den Verwertungsstätten:

$$\frac{135.840.000 \text{ t}}{26,80 \frac{\text{t}}{\text{LKW}}} = 5.068.657 \text{ LKW} \approx 5,5 \text{ Mio. LKW (da LKW nicht immer volle Ausladung)}$$

$$5,5 \text{ Mio. LKW} \cdot 47,70 \frac{\text{km}}{\text{LKW}} = \mathbf{262.350.000 \text{ km}}$$

2. Darstellung der Zwischenergebnisse:

Hinweg (beladen):	262.350.000 km
Rückweg DK0 (beladen):	196.762.500 km (≅ 75,00 %)
Rückweg DK0 (nicht beladen):	65.587.500 km (≅ 25,00 %)
Gesamte zurückgelegte Strecke:	524.700.000 km

3. Treibhausgasemissionen durch den Transport zu Verwertungsstätten:

$$262.350.000 \text{ km} \cdot 4,84 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 1.269.774.000 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Hinweg})$$

$$196.762.500 \text{ km} \cdot 4,84 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 952.330.500 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg beladen})$$

$$65.587.500 \text{ km} \cdot 1,59 \frac{\text{kg}}{\text{km}} = 104.284.125 \text{ kg CO}_2\text{e} \quad (\text{Rückweg nicht beladen})$$

Gesamt: **2.326.388.625 kg CO₂e**

Die Näherungsbetrachtung ergibt, dass die Treibhausgasemissionen durch den Transport von Bau- und Abbruchabfällen zu den Verwertungsstätten bei etwa 2,33 Millionen Tonnen liegen. Bei einer durchschnittlichen Transportentfernung von 47,7 Kilometern werden die Abfälle von rund 5,5 Millionen Lastkraftwagen über eine Gesamtstrecke von 524.700.000 Kilometern befördert.

Die Zusammenführung der Ergebnisse beider Berechnungen zeigt, dass jährlich bei der Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen etwa 2,68 Millionen Tonnen Treibhausgase emittiert werden. Diese Emissionsmenge entspricht der jährlichen CO₂-Speicherleistung von rund 447.000 Hektar Mischwald. Deutschland verfügt über eine Waldfläche von etwa 11,4 Millionen Hektar, was ungefähr einem Drittel der gesamten Landoberfläche entspricht.²⁹⁰ Basierend auf diesen Daten lässt sich ableiten, dass knapp vier Prozent der deutschen Waldfläche für die Bindung der durch die Entsorgung von Bauabfällen entstehenden Treibhausgasemissionen benötigt werden.

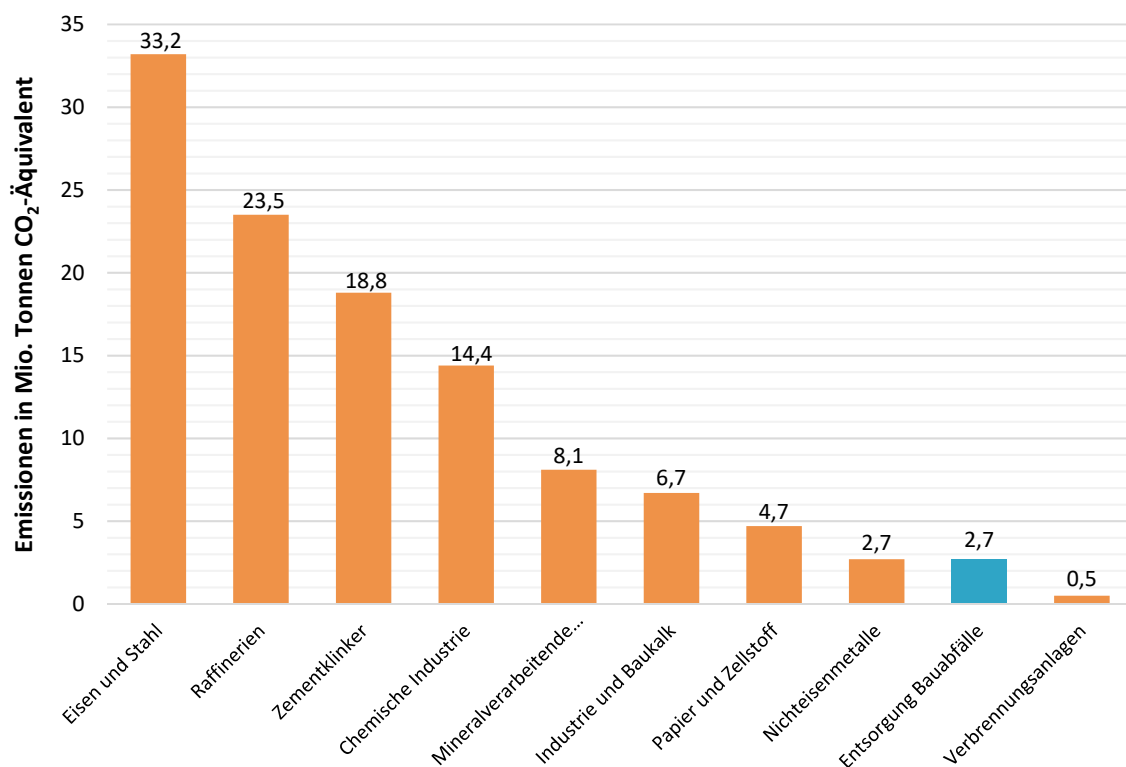


Abbildung 37 Treibhausgasemissionen der deutschen Industrie nach Branchen im Jahr 2022
[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Statista, 2023), 02.05.2024]

Zur weiteren Einordnung und zum Vergleich der emittierten Treibhausgasmenge durch den Transport von Bauabfällen wurde das in Abbildung 37 dargestellte Diagramm ausgewählt. Diese Grafik veranschaulicht die Treibhausgasemissionen der deutschen Industrie nach Branchen im Jahr 2022, gemessen in Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent.

²⁹⁰ Vgl. (Van R  th, et al., 2019), S. 111.

Im Jahr 2022 verzeichnete der Industriesektor über 110 Millionen Tonnen CO₂-äquivalente Treibhausgasemissionen. Die Branche „Eisen und Stahl“ trug mit etwa 29,5 Prozent den größten Anteil zu den gesamten Industrieemissionen bei, was rund 33,2 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent entspricht. An dritter Stelle der größten Industrieemittenten befindet sich die Herstellung von Zementklinker, der für die Bauindustrie unerlässlich ist.²⁹¹

Wenn die rund 2,7 Millionen Tonnen Transportemissionen in diese Chronologie integriert würden, ergäbe sich, dass sie den achten Platz unter den größten Treibhausgasemittenten einnehmen würden. Dabei ist erwähnenswert, dass diese 2,7 Millionen Tonnen Treibhausgase lediglich von den fünf wirtschaftlich stärksten Bundesländern im Baubereich ausgestoßen werden. Die Menge an emittierten Treibhausgasen für den Transport von Bauabfällen zu Verwertungs- oder Deponierungsstätten in den elf weiteren Bundesländern wurde nicht berechnet, weshalb der reale CO₂-Fußabdruck für das gesamte Bundesgebiet im Bereich der Bauabfallentsorgung erheblich höher liegen würde.

Die Analyse der ökologischen Nachhaltigkeit im Umgang mit Bauabfällen offenbart signifikante Ergebnisse. Jährlich verursachen die Transportaktivitäten der fünf wirtschaftlich führenden Bundesländer zur Entsorgung von Bauabfällen erhebliche Treibhausgasemissionen. Rund 5,84 Millionen Lastkraftwagen fahren dabei eine Strecke von insgesamt 603,72 Millionen Kilometern und emittieren 2,7 Millionen Tonnen Treibhausgase.

Im Vergleich zu anderen Industriesektoren zeigt sich, dass die aktuelle Praxis der Bauabfallentsorgung erhebliche ökologische Auswirkungen mit sich bringt. Insbesondere lange Transportwege mit Lastkraftwagen führen zu einem massiven Anstieg der Treibhausgasemissionen, obwohl diese durch ein dichteres Netzwerk an Deponiemöglichkeiten vermieden werden könnten. Es ist dringend geboten, die Transportwege mit beladenen Lastkraftwagen zu reduzieren. Ein normaler PKW emittiert im Durchschnitt lediglich 166 Gramm Treibhausgase pro Kilometer, während ein beladener Lastkraftwagen das 29,15-fache ausstößt.²⁹² Die Entsorgung von Bauabfällen erweist sich daher als bedeutender Treibhausgasemittent, jedoch birgt dieser Bereich auch erhebliches Potenzial zur Verbesserung des ökologischen Fußabdrucks. Vor allem der Ausbau eines flächendeckenden Netzes an Entsorgungsmöglichkeiten ist von höchster Priorität. Langstreckentransporte müssen durch ein engmaschiges Deponienetz so schnell wie möglich vermieden werden, da andernfalls die ökologischen Ziele der Bauindustrie nicht erreicht und das Konzept des nachhaltigen Bauens nicht vorangebracht werden kann.

²⁹¹ Vgl. (Redaktion Statista, 2023), „Treibhausgasemissionen der deutschen Industrie nach Branchen“.

²⁹² Vgl. (Redaktion Umweltbundesamt, 2024), „Emissionen im Personeverkehr“.

4.2 Ökonomische Nachhaltigkeit

Das nachfolgende Kapitel widmet sich der Analyse der ökonomischen Auswirkungen, die mit dem Management und der Behandlung von Bauabfällen einhergehen. Angesichts der Herausforderungen des nachhaltigen Bauens im Bereich der Bauabfallentsorgung ist es von essentieller Bedeutung, sowohl ökologische Faktoren als auch die wirtschaftliche Rentabilität zu gewährleisten. Das Hauptziel dieses Kapitels besteht darin, die ökonomischen Auswirkungen des Deponieraummangels anhand validierter Zahlen und Darstellungen der Entwicklungen der Entsorgungspreise zu beleuchten. Die zugrunde gelegten Preise und Kostenstrukturen weisen zum Zeitpunkt der Erhebung im Rahmen der Masterarbeit höchste Aktualität auf und sind repräsentativ für die jeweilige Region.

Experten der Bauindustrie, Bauunternehmen und Entsorgungsbetriebe verzeichnen einen signifikanten Anstieg der Entsorgungspreise für Bau- und Abbruchabfälle in den vergangenen Jahren.²⁹³ Dieser Preisanstieg resultiert hauptsächlich aus einem Mangel an regionalen Entsorgungsmöglichkeiten. Das Ungleichgewicht zwischen Angebot und Nachfrage nach Deponieraum verschärft sich kontinuierlich, da der in der Fläche benötigte Deponieraum nicht vorhanden ist.²⁹⁴

„Diese Knappheit führt zwangsläufig zu einer Preissteigerung. Die ineffiziente Verteilung der Entsorgungsanlagen verlängert die Transportwege und erhöht somit auch die Transportkosten.“²⁹⁵

Zusätzlich zu den Kostensteigerungen aufgrund langer Transportwege werden weitere Faktoren identifiziert, die die Entsorgungskosten antreiben. Eine primäre Ursache liegt in den bestehenden Herausforderungen beim Management der Bauabfallentsorgung. Die Vielzahl an Regelwerken und Verordnungen wie beispielsweise die LAGA M20, die Deponieverordnung, die Ersatzbaustoffverordnung, die Verfüllrichtlinie und die Bundesbodenschutzverordnung führen zu erheblicher Unklarheit unter den Beteiligten.²⁹⁶ Darüber hinaus resultieren aus den unterschiedlichen Regelwerken unterschiedliche Analyseverfahren. Diese Diversität führt zu abweichenden Bewertungskriterien und zu Doppel- und Mehrfachprobennahmen, da das Entsorgungsunternehmen möglicherweise eine andere Analytik fordert als diejenige, die am Entstehungsort durchgeführt wurde.²⁹⁷ Diese Mehrfachprobennahmen erhöhen die Kosten, verursachen zeitliche Verzögerungen und führen zu Wartezeiten.

²⁹³ Vgl. (Redaktion Verband baugewerblicher Unternehmer, 2017), S. 3.

²⁹⁴ Vgl. (Redaktion Verband baugewerblicher Unternehmer, 2017), S. 3.

²⁹⁵ Vgl. (Redaktion Verband baugewerblicher Unternehmer, 2017), S. 3, Absatz 3, Zeile 8 - 12.

²⁹⁶ Vgl. (Redaktion Verband baugewerblicher Unternehmer, 2017), S. 2.

²⁹⁷ Vgl. (Redaktion Verband baugewerblicher Unternehmer, 2017), S. 2.

Diese Unklarheiten im Entsorgungsprozess werden durch das Fehlen von Übersichten über Entsorgungs- oder Verwertungsmöglichkeiten verstärkt.²⁹⁸ In einigen Regionen Deutschlands erschwert das Fehlen eines öffentlich zugänglichen Katasters nicht nur die Suche nach geeigneten Entsorgungsmöglichkeiten, sondern führt auch häufig dazu, dass die wesentlich kostenintensivere Beseitigung von Materialien der Verwertung vorgezogen wird.²⁹⁹

Vor dem Hintergrund zunehmend knapper werdender Deponiekapazitäten würde ein solches Entsorgungsmanagement aus ökonomischer Sicht nicht mit den Prinzipien des nachhaltigen Bauens vereinbar sein. In Anbetracht einer wissenschaftlichen Arbeitsweise sollen die qualitativen Beschreibungen in den folgenden Kapiteln mit validen Daten untermauert werden.

4.2.1 Entsorgung als Preistreiber auf Baustellen

Branchenkenner erklären, dass die Entsorgungsleistungen in den vergangenen Jahren durch fehlende regionale Kapazitäten zu einem der größten Preistreiber auf den Baustellen Deutschlands geworden sind.³⁰⁰ Infolgedessen wird nachfolgend anhand diverser praktischer Beispiele der prozentuale Anteil der Entsorgungskosten an einer Bauleistung untersucht.

Der Zentralverband des deutschen Baugewerbes betont, dass die Entsorgungskosten für Bodenaushub in Relation zu den Gesamtkosten eines Bauvorhabens, wie beispielsweise dem Bau eines Einfamilienhauses mit Keller, bis zu 14 Prozent der Gesamtbaukosten einnehmen können.³⁰¹ In einer Pressekonferenz des Bauverbandes wird erläutert, dass die abfalltechnische Zuordnung des Bodenaushubs maßgeblich für die Gesamtkosten der Bodenentsorgung ist. Im bundesweiten Durchschnitt erstreckt sich die Preisspanne der Bruttopreise für die Entsorgung von Bodenaushubmaterial von der niedrigsten Einbauklasse bis zur Deponieklasse DK1 von 20 bis 120 Euro pro Tonne.³⁰² Hinzu kommen die Transportkosten, die aufgrund der zunehmenden Knappheit von Entsorgungsstätten in den vergangenen Jahren auf einen bundesweiten Durchschnittswert von 20 Euro pro Tonne angestiegen sind.³⁰³

Basierend auf den durchschnittlichen Werten des Zentralverbands des Deutschen Baugewerbes kann die folgende Beispielrechnung durchgeführt werden. Angenommen wird, dass beim Bau eines Einfamilienhauses mit Keller und einer Wohnfläche von 150

²⁹⁸ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 65.

²⁹⁹ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 65.

³⁰⁰ Vgl. (Klein, 2021), S. 1.

³⁰¹ Vgl. (Klein, 2021), S. 2.

³⁰² Vgl. (Klein, 2021), S. 2.

³⁰³ Vgl. (Klein, 2021), S. 2.

Quadratmetern ein Aushub von etwa 500 Kubikmetern beziehungsweise 900 Tonnen mit einer geringen Schadstoffbelastung anfällt. Die Entsorgungskosten setzen sich wie folgt zusammen:

Unter der Annahme einer geringen Schadstoffbelastung werden Entsorgungskosten von 20 bis 30 Euro pro Tonne veranschlagt. Nach Addition der Transportkosten (20 Euro pro Tonne) für die Entsorgung des Bodenmaterials ergibt sich eine Preisspanne von 40 bis 50 Euro pro Tonne im bundesdeutschen Durchschnitt. Demnach belaufen sich die Kosten für die Entsorgung des Bodens in diesem Beispiel auf 36.000 bis 45.000 Euro. Der prozentuale Anteil der Entsorgungskosten an den Gesamtbaukosten des Einfamilienhauses beträgt 9,6 bis 12 Prozent, wenn die Gesamtbaukosten mit 2.500 Euro pro Quadratmeter angenommen werden.³⁰⁴ Nachfolgende Abbildung liefert eine Übersicht der Beispielrechnung.

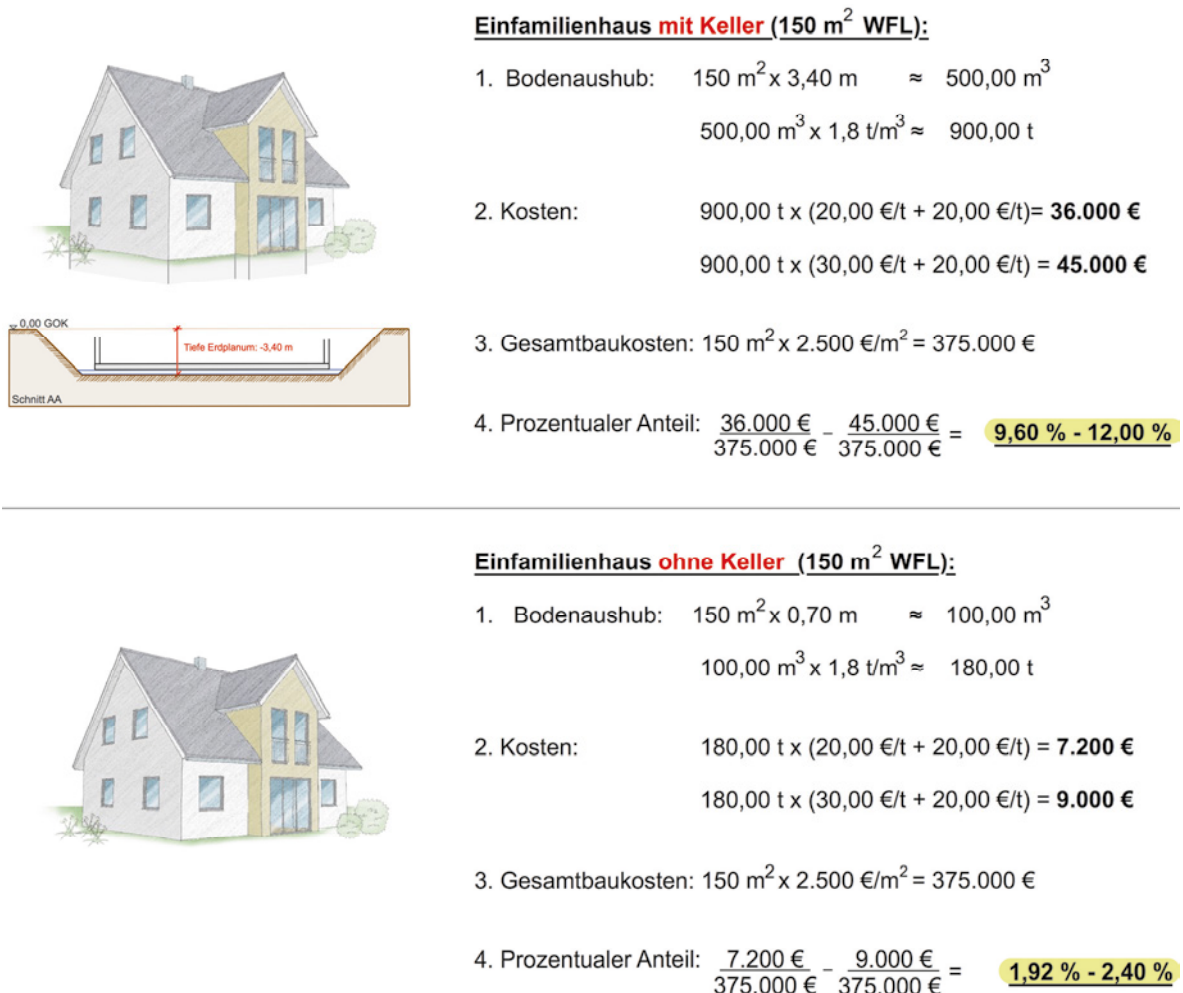


Abbildung 38 Beispielrechnung Entsorgungskosten für Bodenaushub [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Klein, 2021), S. 3, 10.05.2024]

³⁰⁴ Vgl. (Klein, 2021), S. 2.

Eine beträchtliche Kosteneinsparung ergibt sich, wenn das Einfamilienhaus ohne Keller geplant und errichtet wird. Da auf die Herstellung einer tiefen Baugrube für das Kellergeschoss verzichtet wird, kann angenommen werden, dass lediglich 100 Kubikmeter Bodenaushub für den Bau der Fundamente und Grundleitungen anfallen. Basierend auf den erhobenen Durchschnittswerten des Bauverbandes belaufen sich die Entsorgungskosten für etwa 180 Tonnen Bodenaushub rechnerisch auf 7.200 bis 9.000 Euro. Dies unterstreicht das signifikante Potenzial zur Kosteneinsparung, wenn die Entsorgungsleistungen reduziert oder größtenteils vermieden werden können.

Neben den vorherigen Berechnungen im Kontext privater Bauvorhaben veröffentlicht der Zentralverband des deutschen Baugewerbes die ökonomischen Auswirkungen der Entsorgungsleistungen anhand eines Infrastrukturprojekts in Bayern.³⁰⁵ Bei einem Brückenbauprojekt der Deutschen Bahn AG fielen insgesamt 12.330 Tonnen Bodenaushub an. Aufgrund der Klassifizierung des Abfalls in die Einbauklasse Z2 entstanden Entsorgungskosten von rund 53 Euro pro Tonne.³⁰⁶ Demnach belaufen sich die Gesamtkosten für die Entsorgung und den Transport des Aushubs bei diesem Infrastrukturprojekt auf 654.000 Euro. Der Anteil der Entsorgungsleistung bezogen auf die Gesamtbaukosten lag bei über 20 Prozent.³⁰⁷

Die durchgeführten Berechnungsbeispiele verdeutlichen den erheblichen Anteil der Entsorgungskosten an den Gesamtbaukosten. Expertenmeinungen zufolge ist dieser Anteil an den Gesamtbaukosten in den vergangenen Jahren gestiegen.³⁰⁸ Um diesen Trend genauer zu erfassen und die Preisentwicklungen im Entsorgungsbereich zu analysieren, widmet sich der folgende Abschnitt der Untersuchung der Preisindizes für Bauarbeiten in Deutschland.

³⁰⁵ Vgl. (Klein, 2021), S. 3.

³⁰⁶ Vgl. (Klein, 2021), S. 3.

³⁰⁷ Vgl. (Klein, 2021), S. 3.

³⁰⁸ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 73.

4.2.2 Analyse der Preisindizes für die Bauwirtschaft

Die quartalsweise ermittelten Indizes für Bauleistungspreise werden vom statistischen Bundesamt erfasst und veranschaulichen die Preisentwicklung für konventionell gefertigte Neubauten ausgewählter Bauwerksarten im Hoch- und Ingenieurbau.³⁰⁹ Diese Indizes beziehen sich auf den Preisstand eines bestimmten Basisjahres und zeigen die prozentuale Veränderung im Vergleich zu diesem Basisjahr auf. Zur Analyse der Preisentwicklung im Bereich der Entsorgung werden Berichte aus den Basisjahren 2005, 2010 und 2015 herangezogen. Mithilfe dieser Berichte lässt sich die Entwicklung der Entsorgungspreise von 2005 bis 2023 nachvollziehen. Es sei jedoch angemerkt, dass die Preise für die Entsorgung von Bodenaushub oder Bauschutt nicht unmittelbar durch die Preisindizes erfasst werden. Die Entwicklung der Entsorgungspreise wird vielmehr im Rahmen des Bereichs „Erdarbeiten“ betrachtet, da dieser Bereich sehr stark mit der Entsorgung von beispielsweise Bodenaushub in Verbindung steht.

Zur transparenten Gestaltung der Analyse und zum besseren Verständnis des Vorgehens wird in nachfolgender Abbildung 39 ein Auszug der Tabelle der Preisindizes dargestellt. Die in der rot markierten Zeile „Erdarbeiten“ aufgelisteten Werte wurden im Zuge der Forschungsarbeit entsprechend des jeweiligen Jahres herausgefiltert und in Tabelle 10 der Studie zusammengefasst. Die Zusammenfassung der erhobenen Preisindizes in Tabelle 10 dient im Anschluss dazu, die Entwicklung der Preise für den Bereich Erdarbeiten grafisch darzustellen (s. Abbildung 40).

1 Preisindizes für Neubau in konventioneller Bauart einschl. Umsatzsteuer
(aktuelle und mittelfristige Ergebnisse)

1.1 Wohngebäude - Bauleistungen am Bauwerk

2015 = 100

Angabe des Basisjahres	Wägungs- anteil am Gesamt- index in ‰					2021	2022				
		2019	2020	2021	2022	Nov.	Feb.	Mai	Aug.	Nov.	
		Wohngebäude									
Bauleistungen am Bauwerk.....	1 000	114,6	116,4	127,0	147,8	132,3	138,1	147,2	151,0	154,7	
Rohbauarbeiten.....	444,69	115,6	117,1	129,0	149,8	134,5	139,5	150,8	153,1	155,7	
Erdarbeiten.....	37,56	121,2	123,7	131,2	149,6	134,8	140,7	149,3	152,5	155,9	
Verbauarbeiten.....	0,36	119,6	121,1	129,5	147,8	133,8	139,1	147,7	150,8	153,5	
Ramm-, Rüttel- u. Pressarbeiten.....	2,12	112,9	113,3	123,3	145,0	129,9	133,3	146,0	149,3	151,4	

Abbildung 39 Auszug der Preisindizes für Bauarbeiten

[(Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), S. 12, Tabelle 1.1, 09.05.2024]

³⁰⁹ Vgl. (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), S. 5.

Tabelle 10 Preissteigerung in [%] seit 2005 gemessen anhand der Preisindizes [Eigene Tabelle, in Anlehnung an (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), 09.05.2024]

Jahr	Preisindizes für Erdarbeiten Wohngebäude Preissteigerung in [%] seit 2005	Preisindizes für Erdarbeiten Straßenbau Preissteigerung in [%] seit 2005
2005	0,00 %	0,00 %
2006	5,20 %	4,00 %
2007	9,40 %	8,00 %
2008	13,10 %	11,20 %
2009	14,30 %	13,00 %
2010	14,90 %	12,90 %
2011	17,30 %	14,60 %
2012	20,40 %	17,00 %
2013	22,70 %	19,20 %
2014	25,20 %	20,80 %
2015	27,40 %	23,10 %
2016	29,80 %	25,70 %
2017	34,20 %	30,00 %
2018	41,30 %	37,50 %
2019	48,60 %	44,20 %
2020	51,10 %	45,50 %
2021	58,60 %	51,20 %
2022	77,00 %	69,30 %
2023	83,30 %	75,60 %

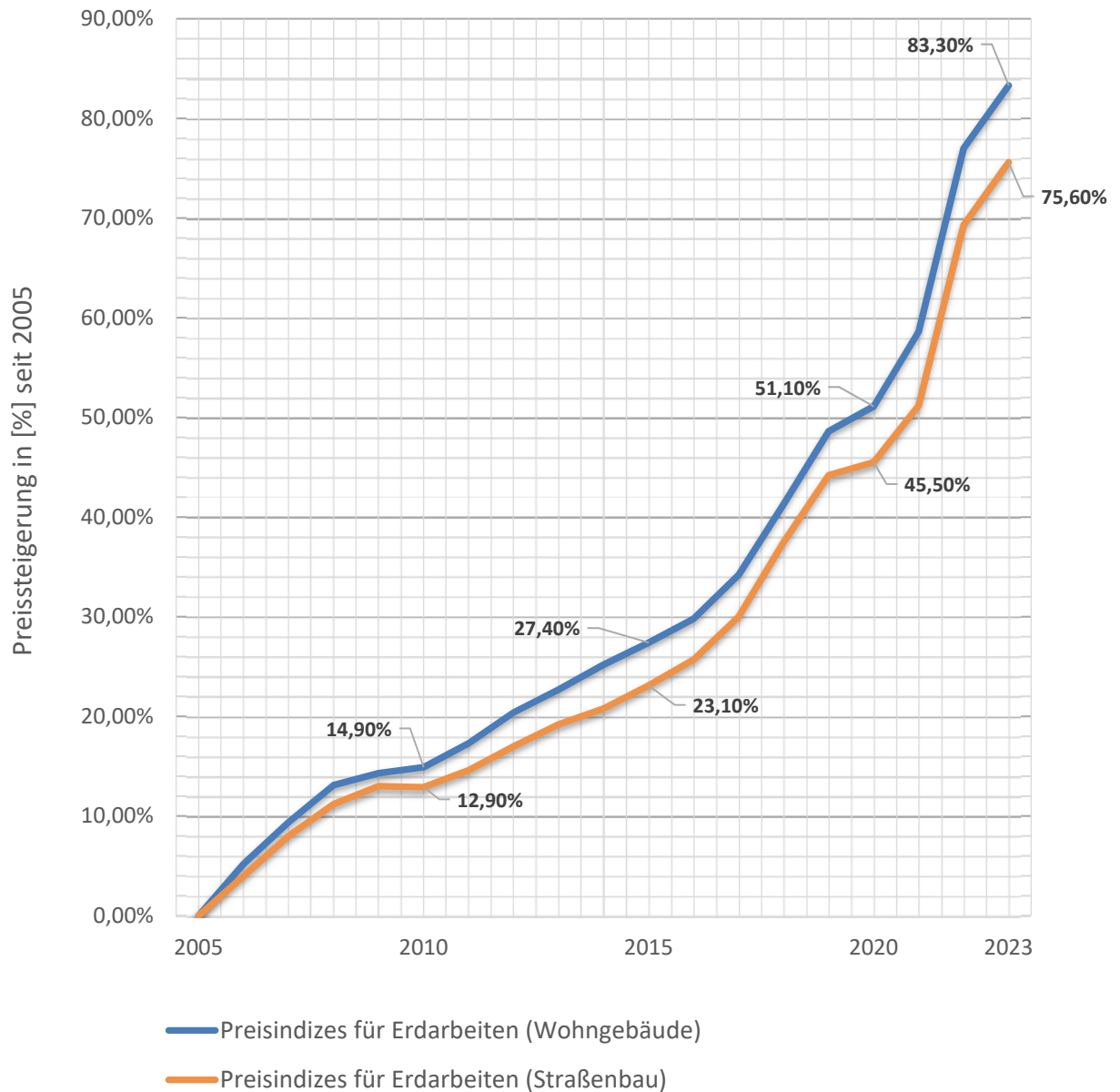


Abbildung 40 Entwicklung der Preisindizes für Erdarbeiten seit 2005 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023), 10.05.2024]

Die Auswertung der vorliegenden Grafik (s. Abbildung 40) bezüglich der Entwicklung der Preisindizes für Erdarbeiten von 2005 bis 2023 offenbart eine deutliche zeitliche Strukturierung in zwei Hauptphasen.

Die erste Phase, welche den Zeitraum von 2005 bis 2015 umfasst, ist durch einen moderaten Anstieg der Preisindizes gekennzeichnet. Sowohl im Bereich der Wohngebäude als auch im Straßenbau ist ein kontinuierlicher Anstieg zu verzeichnen, wobei die jährliche Zunahme sich im Bereich von zwei bis drei Prozent bewegt. Diese Entwicklung verläuft größtenteils linear, jedoch sind geringfügige Abweichungen in den Jahren 2008 bis 2010 zu beobachten, in denen die Preisindizes nahezu stagnieren.

Ab dem Jahr 2015 tritt eine markante Veränderung im Preisanstieg auf, gekennzeichnet durch eine deutliche Zunahme der Funktionssteigung. Diese Änderung deutet auf eine beschleunigte Kostenentwicklung im Bereich der Erdarbeiten hin. Während der Zeit von 2015 bis 2023 stiegen die Preise sowohl im Wohngebäude- als auch im Straßenbaubereich erheblich an, wobei die jährlichen Kostensteigerungen bei über sieben Prozent lag. Zusammenfassend ergibt sich ein Kostenanstieg innerhalb von acht Jahren ab dem Jahr 2015 von 55,90 Prozent für Wohngebäude respektive 52,50 Prozent für den Straßenbau.

Besonders bemerkenswert sind die drastischen prozentualen Kostensprünge ab dem Jahr 2020, die eine Verschärfung der Kostenentwicklung verdeutlichen. Ein interessanter Zusammenhang zeigt sich bei der Betrachtung der Entsorgungskapazitäten und deren Auswirkungen auf die Preisindizes für Bauleistungen. Es ist feststellbar, dass sich die Entsorgungslage in den untersuchten Regionen Deutschlands von 2015 bis 2020 zunehmend verschärft hat. Diese Verschärfung korreliert deutlich mit den massiven Kostenanstiegen im Bereich der Erdarbeiten, was darauf hindeutet, dass die Entsorgungsproblematik einen signifikanten Einfluss auf die Kostenentwicklung im Baugewerbe ausübt. Experten der Ingenieurgesellschaft Prof. Burmeier aus Niedersachsen sehen das Aufkommen an nicht oder mäßig belasteten mineralischen Bauabfällen und die knappen Verwertungskapazitäten und Deponievolumen als bestimmend für die Preisentwicklung in den kommenden Jahre.³¹⁰

4.2.3 Vergleich der aktuellen Entsorgungskosten

Nachdem die Bedeutung der Entsorgungsleistungen im Verhältnis zu den Gesamtbaukosten eines Bauwerks betrachtet wurde und die Entwicklung der Preise im Bereich des Erdbaus festgestellt wurde, liegt der Fokus nun darauf, die gegenwärtige Situation und Kostenstruktur für Entsorgungsleistungen in den fünf bauwirtschaftlich führenden Bundesländern Deutschlands zu analysieren. Wie bereits in Kapitel 4.2.2 aufgezeigt wurde, besteht eine Korrelation zwischen dem Anstieg der Kosten und der verschärften Entsorgungssituation. Der folgende Abschnitt der Studie untersucht mittels eines Vergleichs von Entsorgungspreisen aus verschiedenen Regionen Deutschlands, ob ein Zusammenhang zwischen regionalen Engpässen an Deponievolumina und den Preisen für Entsorgungsleistungen valide belegt werden kann.

Die Erfassung der Entsorgungspreise erwies sich aufgrund verschiedener Umstände als anspruchsvoll. Während der Anfrage bei Entsorgungsbetrieben stellte sich heraus, dass diese häufig nur tagesaktuelle und projektbezogene Preise bereitstellen können, was eine umfassende Bepreisung aller Entsorgungsklassen erschwert. Ursprünglich

³¹⁰ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 61.

sollte eine Preisanfrage für alle Materialklassen in den fünf bauwirtschaftlich bedeutendsten Bundesländern mittels einer Umfrage durch Herrn Sascha Wiehager vom Institut der Deutschen Bauwirtschaft und Herrn Dirk Stern vom Hauptverband der Deutschen Bauindustrie erfolgen. Jedoch wurde aufgrund der Komplexität und des zeitlichen Aufwands von einer Durchführung im Rahmen dieser Studie abgesehen und ein alternativer Ansatz angestoßen. In diesem alternativen Ansatz wurden anhand objektiver Kriterien wie Reputation, Referenzen, Qualifikationen und Branchenerfahrung je ein Entsorgungsfachbetrieb in den fünf wirtschaftlich stärksten Bundesländern ausgewählt und nach aktuellen Entsorgungspreisen befragt. Die daraus gewonnenen Ergebnisse wurden anschließend in einer Tabelle zusammengefasst.

*Tabelle 11 Preise für die Anlieferung von Bau- und Abbruchabfällen in Deutschland [€/t]
[Eigene Darstellung, 10.05.2024]*

Bundes- land	Preise für die Anlieferung von Bau- und Abbruchabfällen [€/t]					
	Stand: Mai 2024					
	Abfallart AVV 17	Verwertung / Beseitigung				
Bayern 311	Bauschutt AVV 17 01	<u>Klasse 1:</u> 18,10 €/t	<u>Klasse 2:</u> 75,00 €/t	<u>Klasse 3:</u> 135,00 €/t	<u>Klasse 4:</u> 315,00 €/t	
	Straßenaufbruch AVV 17 03	<u>teerfrei:</u> 48,00 €/t		<u>teerhaltig:</u> Auf Anfrage		
	Bodenaushub AVV 17 05	<u>Z0:</u> 11,40 €/t	<u>Z1:</u> Auf Anfrage	<u>Z2:</u> Auf Anfrage	<u>DK0:</u> Auf Anfrage	<u>DK1:</u> Auf Anfrage
Nord- rhein- Westfalen 312	Bauschutt AVV 17 01	<u>Klasse 1:</u> 15,00 €/t	<u>Klasse 2:</u> 40,50 €/t	<u>Klasse 3:</u> 85,00 €/t	<u>Klasse 4:</u> Auf Anfrage	
	Straßenaufbruch AVV 17 03	<u>teerfrei:</u> 15,00 €/t		<u>teerhaltig:</u> 58,00 €/t		
	Bodenaushub AVV 17 05	<u>bis Z2:</u> 17,00 €/t			<u>DK0:</u> Auf Anfrage	<u>DK1:</u> Auf Anfrage

³¹¹ Vgl. (Redaktion Brutscher GmbH & Co. KG, 2024).

³¹² Vgl. (Redaktion B+R Baustoff-Handel und Recycling, 2023).

Baden- Württem- berg 313	Bauschutt AVV 17 01	<u>Klasse 1:</u> 43,00 €/t	<u>Klasse 2:</u> 53,00 €/t	<u>Klasse 3:</u> 80,00 €/t	<u>Klasse 4:</u> Auf Anfrage	
	Straßenaufbruch AVV 17 03	<u>teerfrei:</u> 37,50 €/t		<u>teerhaltig:</u> 95,00 €/t		
	Bodenaushub AVV 17 05	<u>Z0:</u> 26,20 €/t	<u>Z1:</u> 35,00 €/t	<u>Z2:</u> 46,00 €/t	<u>DK0:</u> 65,00 €/t	<u>DK1:</u> 100,00 €/t
Nieder- sachsen 314 & 315	Bauschutt AVV 17 01	<u>Klasse 1:</u> 13,30 €/t	<u>Klasse 2:</u> 18,63 €/t	<u>Klasse 3:</u> Auf Anfrage	<u>Klasse 4:</u> Auf Anfrage	
	Straßenaufbruch AVV 17 03	<u>teerfrei:</u> Auf Anfrage		<u>teerhaltig:</u> 104,00 €/t		
	Bodenaushub AVV 17 05	<u>Z0:</u> 13,70 €/t	<u>Z1:</u> 20,48 €/t	<u>Z2:</u> 27,47 €/t	<u>DK1:</u> 45,38 €/t	<u>DK2:</u> 60,81 €/t
Sachsen 316	Bauschutt AVV 17 01	<u>Klasse 1:</u> 24,00 €/t	<u>Klasse 2:</u> 38,00 €/t	<u>Klasse 3:</u> 48,00 €/t	<u>Klasse 4:</u> Auf Anfrage	
	Straßenaufbruch AVV 17 03	<u>teerfrei:</u> 15,00 €/t		<u>teerhaltig:</u> Auf Anfrage		
	Bodenaushub AVV 17 05	<u>bis Z2:</u> 28,00 €/t			<u>DK0:</u> Auf Anfrage	<u>DK1:</u> Auf Anfrage

Die Auswertung der erhobenen Preise aus der Tabelle 11 erfolgt getrennt nach den jeweiligen Abfallarten. Bei der Analyse des Bauschutts zeigt sich, dass die Preise der untersten Klasse 1 relativ gleichmäßig im Bereich von 15 bis 24 Euro pro Tonne liegen, wobei Baden-Württemberg mit einem Entsorgungspreis von 43 Euro pro Tonne eine Ausnahme darstellt. Im Bereich der restlichen Bauschuttklassen sind deutlich unterschiedliche Preise erkennbar. Es ist jedoch auffällig, dass sich die Preisspanne in einem Bereich von 40 bis 75 Euro pro Tonne bewegt. Diese großen Preisdifferenzen werden auf die unterschiedlichen Annahmekriterien der Entsorgungsbetriebe zurückgeführt.

³¹³ Vgl. (Redaktion Recycling-Center Stein, 2022).

³¹⁴ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 63.

³¹⁵ Vgl. (Redaktion Recycling Park Harz GmbH, 2024).

³¹⁶ Vgl. (Redaktion Sieber Recycling & Containerdienst, 2024).

Im Bereich des Straßenaufbruchs fällt auf, dass teerfreies Material in Sachsen und Nordrhein-Westfalen zu einem Preis von 15 Euro pro Tonne entsorgt werden kann, während in Bayern und Baden-Württemberg bis zu 48 Euro pro Tonne anfallen. Die Entsorgungskosten für teerhaltigen Straßenaufbruch sind in Baden-Württemberg und Niedersachsen mit knapp 100 Euro pro Tonne am höchsten, während Nordrhein-Westfalen mit 58 Euro pro Tonne deutlich günstiger ist.

Bei alleiniger Betrachtung der Entsorgungspreise der zwei Abfallarten Bauschutt und Straßenaufbruch ist erkennbar, dass diese Abfälle in dem Bundesland Nordrhein-Westfalen am günstigsten zu entsorgen sind. Gleichzeitig ist Nordrhein-Westfalen auch das Bundesland mit den größten Kapazitäten zur Verwertung und Deponierung von Abfällen. Dieser Trend bestätigt sich auch bei der Analyse der Abfallart Bodenaushub.

Im Bundesland Bayern gestaltete sich die Recherche nach Entsorgungspreisen sehr schwierig. Die ausgewählten Entsorgungsfachbetriebe konnten lediglich den Preis zur Entsorgung von Z0 Material bekannt geben. Aufgrund großer Preisschwankungen höherer Einbauklassen wurden keine weiteren Preise angeboten. Die Entsorgungspreise in den Bundesländern Sachsen und Niedersachsen sind mit bis zu knapp 30 Euro pro Tonne für die Entsorgung von Bodenaushub bis zu der Einbauklasse Z2 auf einem gleichen Niveau. Wesentlich höhere Entsorgungspreise zeigen sich in Baden-Württemberg. Hier beginnt die unterste Einbauklasse bereits bei über 26 Euro pro Tonne. Bodenmaterial der Einbauklasse Z2 kann zu 46 Euro pro Tonne entsorgt werden. Der Spitzenwert dieser Betrachtung wurde jedoch für den Aushub der Deponieklasse DK1 in Baden-Württemberg ermittelt. Die reinen Entsorgungskosten werden hier mit bis zu 100 Euro pro Tonne angegeben.

In Baden-Württemberg fallen gemäß dieser Untersuchung die höchsten Entsorgungskosten an. Die Bundesländer Niedersachsen und Sachsen hingegen liegen auf einem sehr ähnlichen, aber im Vergleich mit Nordrhein-Westfalen hohen Preisniveau. Bayern hat nur begrenzte Informationen zu den Kosten für die Bodenaushubentsorgung bereitgestellt, was ebenfalls auf Unsicherheiten im Entsorgungsbereich hindeutet. Nordrhein-Westfalen hingegen präsentiert sich als das günstigste Bundesland für die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen.

Der Vergleich der aktuellen Entsorgungspreise als Kriterium zur Beurteilung der ökonomischen Auswirkungen des Deponieraummangels hat die bestehenden Vermutungen bestätigt. Seit dem Jahr 2015 findet eine Veränderung aus ökonomischer Sicht im Entsorgungsbereich statt, welche sich in einem Anstieg der Entsorgungspreise zeigt. Des Weiteren sind die Regionen und Bundesländer Deutschlands mit den geringsten Kapazitäten an Entsorgungsstätten gleichzeitig auch die Regionen mit den höchsten Preisen zur Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen.

4.3 Soziale Nachhaltigkeit

Im abschließenden Kapitel der Betrachtung zur Nachhaltigkeit wird die Erfassung der sozialen Auswirkungen des Entsorgungsproblems behandelt. Im Gegensatz zur Analyse ökologischer und ökonomischer Nachhaltigkeitsaspekte erlauben es die sozialen Faktoren lediglich, objektiv vom Autor beschrieben zu werden. Die Informationsgrundlage für die sozialen Auswirkungen wurde mittels Interviews mit Bauunternehmen, Deponiebetreibern und Fachexperten erlangt und im Vergleich zu den allgemeinen Kriterien für nachhaltiges Bauen ausgewertet.

Im Kontext der sozialen Nachhaltigkeit werden die sozialen sowie funktionalen Dimensionen der Wechselwirkung zwischen der Entsorgung von Bauabfällen und der Gesellschaft als Ganzes betrachtet. Diese umfassen Aspekte wie das Sicherheitsempfinden, Schallschutz, Emissionsschutz, Lebensraumqualität und Arbeitsbedingungen, die aus der Entsorgung von Bauabfällen resultieren.³¹⁷

Zu Beginn der Analyse der sozialen Nachhaltigkeitsaspekte ist es von grundlegender Bedeutung anzumerken, dass Abfall und Deponien in der breiten gesellschaftlichen Wahrnehmung stark negativ konnotiert sind, da sie unmittelbar mit Gefahren assoziiert werden.³¹⁸ Eine zentrale Herausforderung besteht daher in der Verbesserung des Sicherheitsempfindens im Kontext der Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub. Insbesondere besteht Besorgnis hinsichtlich der Anreicherung von Schadstoffen im Grundwasser und im umliegenden Boden.³¹⁹ Der mit dem Transport von Abfällen verbundene Schwerlastverkehr verschärft diese Problematik durch Straßenschäden, Staubemissionen und Lärmbelastungen.

Die sozialen Auswirkungen dieser Problematik manifestieren sich in einem erheblichen Widerstand der Bevölkerung gegen die Genehmigung neuer Deponiestandorte. Diese ablehnende Haltung führt zu erheblichen Verzögerungen bei den Genehmigungsverfahren.³²⁰ Jedoch in dem Fall, dass keine neuen Deponien errichtet werden, führt dies zu einer deutlichen Zunahme des Schwerlastverkehrs an wenigen noch bestehenden Standorten. Diese Konzentration intensiviert die Umwelt- und Lärmbelastung für die dortigen Anwohner erheblich.

Elisa Korb, Forscherin an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg, identifiziert eine herausfordernde Problematik bezüglich der unzureichenden Würdigung des Themas Abfallmanagement und Deponieunterhaltung.³²¹ Die angemessene Unterhaltung und Bewirtschaftung einer Deponie erfordere ein hohes

³¹⁷ Vgl. (Friedrichsen, 2018), S. 237 ff.

³¹⁸ Vgl. (Redaktion Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen, 2021), S. 6.

³¹⁹ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 14.

³²⁰ Vgl. (Redaktion Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen, 2021), S. 6.

³²¹ Vgl. (Korb, 2023), S. 8.

Maß an Wissen und an Verantwortung seitens der handelnden Akteure. Dennoch bestünde in der Gesellschaft eine weitverbreitete Abneigung gegenüber Deponien.³²²

„Häufig wird unterstellt, dass es sich bei Deponien um einfache Ablagerorte für Abfall handelt. Gerade in bevölkerungsreichen Gebieten, wo viel Abfall entsteht, stößt das Errichten einer Deponie auf Ablehnung, da das Landschaftsbild vermeintlich destruiert wird. Deutschland ist ein dicht bevölkertes Land, der Platz für Deponien ist hier beschränkt. Trotzdem möchte jeder eine sichere Abfallentsorgung haben, aber niemand möchte eine Deponie in seiner Umgebung.“³²³

Eine homogenere Verteilung von Deponien würde jedoch nicht nur zu einer Entlastung der betroffenen Gebiete führen, sondern auch zu einer Entzerrung der Schall- und Schadstoffemissionen beitragen. Eine ausgewogene Erweiterung des Deponienetzes, welche sowohl die Sicherheitsaspekte als auch den Schall- und Emissionsschutz berücksichtigt, ist folglich von herausragender Bedeutung für die soziale Nachhaltigkeit.

Neben den Themen Sicherheit, Schall- und Emissionsschutz stellt die aktuelle Situation auch für die Arbeitsbedingungen der Bau- und Transportunternehmen eine erhebliche Belastung dar. Wartezeiten sowohl auf Baustellen als auch an Deponien sind keine Seltenheit, sondern eher die Regel und können sich auf mehrere Stunden erstrecken.³²⁴

Petra Würtemberger, Geschäftsführerin eines mittelständischen Transportunternehmens in Hessen, berichtet von Transport- und Wartezeiten von insgesamt bis zu fünf Stunden:

„In den letzten Jahren hat sich die Dauer des gesamten Entsorgungsprozesses signifikant erhöht, was nicht nur bei den Beschäftigten Unmut hervorruft, sondern auch bei den Bauherren Frustration verursacht, da sich die Bauzeiten erhöhen.“³²⁵

Besonders problematisch ist, dass die Knappheit an Deponiekapazitäten in der Gesellschaft oft nicht ausreichend bekannt ist. Daher stoßen hohe Entsorgungspreise, lange Transportwege und verlängerte Bauzeiten auf Unverständnis. Die Abbildung 41 veranschaulicht die Warteschlangen, denen hessische Transportunternehmen bei der Anfahrt einer Deponie häufig ausgesetzt sind.

³²² Vgl. (Korb, 2023), S. 8.

³²³ (Korb, 2023), S. 8, Absatz 2, Zeile 12 – 17.

³²⁴ Vgl. (Würtemberger, 2024)

³²⁵ (Würtemberger, 2024), Interview vom 24. März 2024



Abbildung 41 Warteschlangen in hessischen Entsorgungsstätten (Würtemberger, 2024)

Eine weitere Konsequenz des Entsorgungsproblems liegt in der Beeinträchtigung des Wohnungsbaus. Die Schwierigkeiten der Bauunternehmen bei der ordnungsgemäßen Entsorgung von Bauschutt und Erdaushub führen zu längeren Bauzeiten und höheren Baukosten. Dies wird wiederum die Verfügbarkeit von Wohnraum einschränken und zu steigenden Mieten führen, was insbesondere einkommensschwache Bevölkerungsgruppen negativ beeinflussen könnte. Die Forderung der Bundesregierung nach der Schaffung bezahlbaren Wohnraums wird dadurch ebenfalls negativ beeinflusst.³²⁶

Darüber hinaus lässt sich bereits eine Veränderung in der Baustruktur von Einfamilienhäusern erkennen. Aufgrund der enormen Kosten für die Entsorgung von Bodenaushub entscheiden sich Familien häufig gegen den Bau eines Kellers.³²⁷

Abschließend ist festzustellen, dass im Bereich der sozialen Nachhaltigkeit eine Einschränkung der Lebensraumqualität aufgrund mangelnder Deponiekapazitäten auftreten kann. Fachleute erläutern, dass insbesondere in ländlichen Gebieten das Fehlen lokaler Entsorgungsmöglichkeiten oft zu illegalen Müllentsorgungspraktiken führt.³²⁸ Das Abladen von Bauschutt und Erdaushub an Waldrändern oder Feldern ist die Konsequenz daraus, dass es an einer angemessenen Feinstrukturierung der Entsorgungseinrichtungen mangelt und die ungenehmigte Beseitigung von Abfällen für viele als einfache und kostengünstige Alternative scheint. Allerdings erfolgt diese oft unter unkontrollierten Bedingungen, was zu einer Verschlechterung der Lebensraumqualität und zu erhöhten Umweltbelastungen führen kann.³²⁹ Die Erweiterung von kontrollierten und regional zugänglichen Entsorgungsanlagen trägt daher dazu bei, die landschaftliche Ästhetik zu erhalten und illegale Müllablagerungen zu reduzieren.

Die Erweiterung der Nachhaltigkeitsbetrachtung um die objektive Beschreibung sozialer Aspekte der Entsorgungssituation verdeutlicht die direkte Verbindung des Entsorgungsproblems mit der Gesellschaft und zeigt, dass die Notwendigkeit einer Lösungsfindung von allgemeinem gesellschaftlichem Interesse sein müsste.

³²⁶ (Siekemeyer, 2022), S. 73.

³²⁷ (Siekemeyer, 2022), S. 69 ff.

³²⁸ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 63.

³²⁹ Vgl. (Siekemeyer, 2022), S. 63.

Die Analyse der Entsorgungssituation aus ökologischer, ökonomischer und sozialer Perspektive schält die erheblichen negativen Auswirkungen der gegenwärtigen Entsorgungspraxis hervor. Das Prinzip der Nachhaltigkeit, welches darauf abzielt, den aktuellen Anforderungen einer Gesellschaft gerecht zu werden, ohne die Potenziale kommender Generationen zu beeinträchtigen, wird in keiner der drei Dimensionen erfüllt. Die aktuelle Entsorgungssituation ist gekennzeichnet durch hohe Treibhausgasemissionen, massive Kostensteigerungen und sozial schwerwiegende Folgen. Wirtschaftliche, umweltbezogene und soziale Ziele können bei Fortbestehen des aktuellen Entsorgungsverhaltens weder vorangetrieben noch eingehalten werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das abschließende Kapitel widmet sich der Zusammenfassung der wichtigsten Forschungsergebnisse und der Beantwortung der zentralen Forschungsfragen. Oberstes Ziel der gegenständlichen wissenschaftlichen Forschungsarbeit ist die Gewinnung neuer Erkenntnisse zur Entsorgungssituation von Bauschutt und Erdaushub in Deutschland sowie die Bereitstellung von validen Informationen für bauwirtschaftliche und politische Entscheidungsträger.

Die Hauptmotivation für die Durchführung dieser wissenschaftlichen Untersuchung ergab sich aus den neuesten Erkenntnissen einer Studie zur Entsorgungssituation in Hessen. Die Ergebnisse dieser hessischen Studie lieferten den Impuls, den Blickwinkel auf weitere Bundesländer Deutschlands auszuweiten und stellten die zentrale Forschungsfrage in den Raum: Besteht auch in den anderen Bundesländern, insbesondere in den fünf bauwirtschaftlich bedeutendsten Bundesländern Deutschlands, die potenzielle Gefahr eines akuten Entsorgungsnotstandes für Bauschutt und Erdaushub?

5.1 Droht der Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland?

Bereits jetzt führt das lückenhafte Entsorgungssystem in vielen Regionen Deutschlands zu enormen ökologischen und ökonomischen Problemen. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass eine angespannte Entsorgungslage für Bauabfälle, die den mit Abstand größten Abfallstrom des Landes darstellen, Auswirkungen auf soziale und funktionale Aspekte der Gesellschaft hat. Angesichts des aktuellen Status quo des Entsorgungsmanagements in Deutschland stellt nachhaltiges Bauen nicht nur eine erhebliche Herausforderung dar, sondern ist praktisch kaum umsetzbar.

Ein nachhaltiges Entsorgungsmanagement, das den gegenwärtigen gesellschaftlichen Anforderungen gerecht wird und gleichzeitig die Potenziale kommender Generationen berücksichtigt, sollte gleichermaßen auf die geordnete und flächendeckende Entwicklung von Deponiekapazitäten sowie auf die Förderung von Ressourcenschutz, Kreislaufwirtschaft, Recycling und Wiederverwendung von Abfällen ausgerichtet sein. Die Handlungsweise der vergangenen Jahre „wenig regionale Deponien = bessere Kreislaufwirtschaft“ in Verbindung mit der Abfallhierarchie des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, welches die Deponierung von Abfällen an unterste Stelle setzt, resultiert in einer bundesweiten Mangellage an Ablagerungskapazitäten für Bau- und Abbruchabfälle.³³⁰

Die sich immer weiter zuspitzende Entsorgungslage deutet mit hoher Wahrscheinlichkeit darauf hin, dass in nahezu allen analysierten Bundesländern die Deponien der

³³⁰ Vgl. Tabelle 12 & (Hitzel, 2023), S. 24.

Klasse DK0 und DK1 bereits vor den dreißiger Jahren des 21. Jahrhunderts ihre Kapazitätsgrenze erreichen werden. Ab diesem Zeitpunkt ist es nicht mehr möglich, Bau- und Abbruchabfälle nach ihrer Schadstoffklassifikation zu entsorgen. Die entscheidenden Ergebnisse bezüglich der Restkapazitäten wurden in Tabelle 12 zusammengeführt.

*Tabelle 12 Zusammenfassende Darstellung der Entsorgungssituation in Deutschland
[Eigene Tabelle, in Anlehnung an Kapitel 3-4, 20.03.2024]*

Bundes- land	Abfall- aufkommen		Deponie- kapazitäten		Restlaufzeit		Ent- sorgungs- notstand erwartet ab dem Jahr ...
	Gesamt [t]		Restvolumen [m3]		Mittlere Restlauf- zeit [Jahre]		
	Verwer- tung [Mio t.]	Beseiti- gung [Mio t.]	DK0 [Stück]	DK1 [Stück]	„Best- Case“ [Jahre]	„Worst- Case“ [Jahre]	
Bayern (ab 2018)	50.016.000 t		43.196.000 m3		10 Jahre		2028
	44,05	5,97	275	19	11,96	7,96	
Nord- rhein- Westfalen (ab 2020)	35.711.498 t		69.530.000 m3		17 Jahre		2037 Kein Notstand !
	29,12	6,59	77	25	17,99	17,26	
Baden- Württem- berg (ab 2018)	40.100.000 t		33.929.000 m3		9 Jahre		2027
	34,30	5,80	275	14	10,26	7,12	
Nieder- sachsen (ab 2018)	19.019.017 t		12.088.300 m3		11 Jahre		2029
	17,57	1,45	2	8	12,92	8,41	
Sachsen (ab 2018)	11.326.418 t		4.347.000 m3		11 Jahre		2029
	10,80	0,53	2	1	12,75	8,33	
Hessen (ab 2022)	13.942.077 t		2.570.000 m3		6 Jahre		2028
	13,43	0,51	3	3	8,21	4,05	

Die Modellrechnung der vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchung offenbart eine beunruhigende Situation für das Bundesland Baden-Württemberg, das die kürzeste durchschnittliche Restlaufzeit von 9 Jahren ab dem Berichtsjahr 2018 aufweist. Unter den analysierten Bundesländern droht hier bereits im Jahr 2027 ein akuter Entsorgungsnotstand, wie aus den Daten in Tabelle 12 hervorgeht. Die vorhandenen Deponiekapazitäten in Bayern und Hessen bieten jedoch nur einen knappen Aufschub bis zum Jahr 2028. Diese alarmierenden Befunde verdeutlichen die prekäre Lage, insbesondere im Süden Deutschlands, der nicht nur über mehr als 35 Prozent der Landesfläche verfügt, sondern auch die aktivste Bautätigkeit aufweist und somit am stärksten von einer herannahenden Entsorgungskrise bedroht ist.

Der grenzüberschreitende Transport von Bauabfällen zwischen den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg und Hessen ist nahezu gleichzeitig nicht mehr realisierbar. Infolgedessen bleibt lediglich die Option, diese Abfälle in den nördlichen Teil Deutschlands oder ins Ausland zu transportieren, als alternative Entsorgungsmöglichkeit übrig. Ab diesem Zeitpunkt kann nicht mehr von einer nachhaltigen, ordnungsgemäßen, schadlosen und umweltverträglichen Entsorgung gesprochen werden. Zudem weist der südliche Teil Deutschlands im Verhältnis zur Landesfläche eine auffallend geringe Anzahl an Deponien der Klasse DK1 auf, was bereits vor dem Eintritt des Entsorgungsnotstands zu einer weiteren Verschärfung der Bauabfallentsorgung führt und mit negativen ökologischen, ökonomischen und sozialen Auswirkungen einhergeht.

Es ist dringend erforderlich, dass im Süden Deutschlands unverzüglich Maßnahmen zur Erweiterung der Deponiekapazitäten eingeleitet werden. Zudem wird eine enge Zusammenarbeit zwischen den drei Bundesländern, bestehend aus Vertretern der Baubranche und der Politik, dringend empfohlen. Angesichts des nahezu gleichzeitigen Erreichens der Kapazitätsgrenzen von DK0- und DK1-Deponien muss der Fokus dringend von einer rein regionalen Betrachtung auf das gesamte Bundesland, insbesondere jedoch auf die Kooperation zwischen den drei Bundesländern, ausgeweitet werden.

Sowohl im Norden als auch im Osten der Bundesrepublik Deutschland zeigt sich, dass die langfristige Entsorgungssicherheit für Bauabfälle nicht gewährleistet ist. Die mittlere Restlaufzeit der Deponien des zweitgrößten Bundeslandes Deutschlands, Niedersachsen, beträgt elf Jahre. Gemäß den Berechnungen dieser wissenschaftlichen Studie werden die verfügbaren Kapazitäten der DK0- und DK1-Deponien im Jahr 2029 erschöpft sein. Bis zu diesem Zeitpunkt kann jedoch in Niedersachsen keineswegs von einem nachhaltigen Entsorgungsmanagement gesprochen werden. Trotz einer Landesfläche von knapp 50.000 Quadratkilometern existieren lediglich zwei DK0-Deponien und acht DK1-Deponien. Das Einzugsgebiet der beiden DK0-Deponien erstreckt sich daher auf knapp 24.000 Quadratkilometer, während für die DK1-Deponien ein Ein-

zugsgebiet von fast 6.000 Quadratkilometern besteht. Im Rahmen der ökologischen Nachhaltigkeitsbewertung wurde die durchschnittliche Transportentfernung zu den DK0-Deponien in Niedersachsen auf 98 Kilometer bestimmt. Diese Entfernung stellt den höchsten Durchschnittswert dar, der bei der Berechnung der Transportentfernungen zu Deponien im Zuge dieser Studie ermittelt wurde.

Die Prognose für das Kapazitätsende von Deponien im Jahr 2029 trifft ebenfalls auf das Bundesland Sachsen zu. Unter der Annahme einer konstanten Abfallmenge und der vollständigen Umsetzung aller geplanten Erweiterungsprojekte im Jahr 2018 ergibt sich eine mittlere Restlaufzeit von elf Jahren. Die bereits bestehende angespannte Entsorgungslage in Sachsen wird somit ebenfalls vor dem Beginn der dreißiger Jahre zu einem ernsthaften Problem. Die Entsorgungssituation in Sachsen ähnelt dabei stark der Situation in Niedersachsen. Beide Bundesländer verfügen über eine begrenzte Anzahl von Deponien mit vergleichsweise großen Kapazitäten. In Sachsen gibt es zwei Standorte für die Beseitigung von DK0-Abfällen und lediglich eine Deponie für DK1-Abfälle. Diese begrenzte Anzahl von Deponiestandorten führt zu einer mittleren Transportentfernung zu den DK1-Deponien von knapp 87 Kilometern, die die zweithöchste Entfernung darstellt.

Nordrhein-Westfalen ist das einzige Bundesland, das sich positiv in Bezug auf die Gewährleistung der Entsorgungssicherheit abhebt. Gemäß den Berechnungen dieser Studie wurde kein dringender Handlungsbedarf identifiziert. Die Kapazitäten für die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen reichen im Durchschnitt bis zum Jahr 2037 aus. Ein unmittelbarer Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub ist vorerst unwahrscheinlich. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass Nordrhein-Westfalen aufgrund seiner riesigen Tagebaue eine Sonderstellung in Bezug auf Deponiekapazitäten und Abfallaufkommen in den Deponieklassen DK0 und DK1 einnimmt. Nordrhein-Westfalen beherbergt die größten Tagebaue Deutschlands. Der Braunkohleabbau führt zur Schaffung zusätzlichen Deponieraums, der zur Entsorgung von Abfällen der Deponieklasse DK1 genutzt wird, bekannt als „Braunkohlekraftwerksreststoffdeponien“.

Die Analyse der Deponiekapazitäten in den fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländern Deutschlands, unter Berücksichtigung der Erfassung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte des gegenwärtigen Entsorgungsmanagements zur Beantwortung der Forschungsfragen, ergab zusammenfassend folgende Ergebnisse:

Bei Einbeziehung der Studie zur Entsorgungssituation im Bundesland Hessen ergibt sich, dass in fünf von sechs analysierten deutschen Bundesländern ein erhebliches Problem mit der Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen besteht. Diese Herausforderung wird voraussichtlich in Bayern, Baden-Württemberg, Niedersachsen, Sachsen und Hessen vor dem Beginn der dreißiger Jahre zu einem Notstand in der Entsorgung

führen, wodurch eine ordnungsgemäße und umweltverträgliche Beseitigung gemäß den Bestimmungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes nicht mehr gewährleistet sein wird.

Es wird eine Verschwendung technisch anspruchsvoller Deponiekapazitäten für unbedenkliche Materialien erwartet, während dessen die Transportwege, Kosten und Treibhausgasemissionen kontinuierlich ansteigen. Die illegale Entsorgung von Aushub- und Bauschuttmaterial wird aufgrund fehlender Alternativen zur Gewohnheit. Die Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen über lange Strecken quer durch das Land führt derzeit zu einem Treibhausgasausstoß von 2,68 Millionen Tonnen. Dieser Wert quantifiziert ausschließlich die Emissionen, die durch den Transport der Abfälle entstehen, und platziert sich dennoch auf dem achten Rang unter den größten industriellen Treibhausgasemittenten der Bundesrepublik Deutschland. Die Anstiege der Entsorgungskosten spiegeln ebenfalls den Mangel an Deponiekapazitäten wider. Die Forderung nach bezahlbarem Wohnraum wird durch die aktuellen Kostensteigerungen im Entsorgungsbereich um bis zu 55,90 Prozent seit dem Jahr 2015 nicht erfüllbar sein.

Die vorliegende Problematik des Entsorgungsnotstands wird weiter verstärkt durch einen bedeutenden rechtlichen Faktor: die Einführung der Mantelverordnung im August 2023. Experten aus der Bau- und Entsorgungswirtschaft prognostizieren, dass die strengen Vorgaben der Ersatzbaustoffverordnung zu einem erheblichen Rückgang der Recyclingquote führen werden.³³¹ Eine Studie zur aktuellen und zukünftigen Entsorgung von mineralischen Abfällen in Sachsen-Anhalt prognostiziert einen Rückgang der Recyclingquote für mineralische Bauabfälle wie Bauschutt und Straßenaufbruch auf 30 bis 35 Prozent.³³² Mit dem Rückgang des Recyclings wird eine deutliche Zunahme der Abfallmenge erwartet, die auf Deponien entsorgt werden muss.

Des Weiteren weisen Fachleute auf eine weitere Wirkung der Mantelverordnung hin, die ebenfalls erhebliche Auswirkungen auf die Sicherheit der Entsorgung haben wird.³³³ Aufgrund einer achtjährigen Übergangsfrist dürfen bergbaurechtliche Anlagen wie Tagebaue oder Verfüllungsstätten bis zum Jahr 2031 gemäß den aktuellen Bestimmungen der LAGA M20 verfüllt werden. Ab dem Jahr 2031 unterliegen sie nicht mehr den Einbauklassen der LAGA M20, sondern den Vorschriften der Ersatzbaustoffverordnung.³³⁴ Die verschärften Regelungen dieser Verordnung könnten ab 2031 dazu führen, dass Abfallmengen von Verfüllungsstätten und Gruben vermehrt auf Deponien gelangen, was wiederum zu einer drastischen Verkürzung der Betriebszeiten für Deponien der Klasse DK0 und DK1 führen wird.

³³¹ Vgl. (Burmeier & Rüpke, 2020), S. 84.

³³² Vgl. (Oetjen-Dehne, et al., 2013), S. 17, Tabelle 8-1, Zeile 4-7, Spalte 2 & 3.

³³³ Vgl. (Becker, et al., 2018), S. 99.

³³⁴ Vgl. Kapitel 2.5.2.

5.2 Schlusswort

In Anbetracht der unbekannt langen Genehmigungszeiten für die Erschließung neuer Deponiekapazitäten wächst die Herausforderung eines nachhaltigen Entsorgungsmanagements in den kommenden Jahren gravierend. Bei Genehmigungszeiten durch das Planfeststellungsverfahren von bis zu zehn Jahren ist selbst bei sofortigem Handeln ein Entsorgungsnotstand in mehreren Regionen Deutschlands unausweichlich.

Die politische Ausrichtung der vergangenen Jahre, welche eine geringere Priorität für die Schaffung neuer Deponien zugunsten einer Förderung der Kreislaufwirtschaft setzte, hat einen bedeutenden Einfluss auf die gegenwärtige Problematik der Entsorgung. Obwohl die Förderung der Kreislaufwirtschaft zweifellos von großer Bedeutung ist, um Ressourcen zu schonen und Abfallmengen zu reduzieren, führte die Vernachlässigung der Bereitstellung angemessener Entsorgungskapazitäten zu Engpässen und steigenden Kosten bei der Entsorgung von nicht recycelbaren Materialien.

Die Notwendigkeit eines ausgewogenen Entsorgungsmanagements, das sowohl die Förderung der Kreislaufwirtschaft als auch die Bereitstellung angemessener Deponierungsmöglichkeiten für nicht recycelbare Abfälle umfasst, muss im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung der Bauwirtschaft vorangetrieben werden. Es ist daher von entscheidender Bedeutung, dass zukünftige politische Entscheidungsträger einen holistischen Ansatz verfolgen, der die Förderung der Kreislaufwirtschaft mit der Sicherstellung einer regionalen Entsorgungsinfrastruktur in Einklang bringt.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass eine ganzheitliche Herangehensweise sowie die Zusammenarbeit verschiedener Interessengruppen und Akteure bundesländerübergreifend unerlässlich sind, um die Herausforderungen im Bereich der Entsorgung von Bauabfällen zu bewältigen, einen drohenden Entsorgungsnotstand in seiner Stärke einzudämmen und einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen zu fördern.

5.3 Ausblick

Zukünftige Forschungsbemühungen sollten sich auf zwei zentrale Bereiche im Kontext der Entsorgung von Bauabfällen konzentrieren. Einerseits ist die Entwicklung innovativer und praktischer Lösungsansätze erforderlich, die eine effiziente und umweltverträgliche Verwertung von Bauabfällen ermöglichen. Hierbei ist sowohl die Erweiterung der Recycling- und Wiederverwendungsmöglichkeiten von Bedeutung als auch die Anpassung der rechtlichen und bürokratischen Rahmenbedingungen.

Andererseits ergibt sich aus dem Verständnis der bestehenden Herausforderungen und Probleme im Zusammenhang mit der Entsorgung von Bau- und Abbruchabfällen eine bisher wissenschaftlich unerforschte Überlegung:

Angesichts der unbekannt langen Genehmigungszeiten durch das Planfeststellungsverfahren kann die Errichtung neuer Deponien nicht als probate Lösung betrachtet werden. Das Kernproblem liegt somit darin, sich nicht auf die Schaffung neuer Deponievolumina stützen zu können, sondern vielmehr einen Ansatz zu generieren, um mit den bestehenden Deponiekapazitäten effektiver umzugehen und eine verbesserte Bewirtschaftung von Abfällen zu erreichen.

Neben dem Ausbau der Kreislaufwirtschaft und des Urban Minings steht vor allem ein effizientes Deponieraummanagement für die verbleibenden Kapazitäten an oberster Stelle. Hierbei stellt sich die Frage, ob es möglich ist, den ausgebauten und vorhandenen Deponieraum besser nutzen zu können.

Deponiebetreiber erklären, dass je nach Alter, Aufbau und Schütthöhe einer Deponie deren Verdichtungsgrad sehr unterschiedlich sein kann.³³⁵ Folglich ist die Nutzung des zur Verfügung stehenden Deponieraumes unterschiedlich. Selbst bei planmäßiger permanenter Verdichtung des Schütthorizontes entstehen mit wachsender Deponiehöhe Hohlräume im Deponiekörper. Die Entstehung von Hohlräumen wird verstärkt durch den Effekt der Konsolidation und des Abbaus organischer Substanzen im Abfall.³³⁶

Das Spezialtiefbauunternehmen Keller Grundbau GmbH hat ein Verfahren zur Gewinnung von Deponieraum durch „Müllstopfverdichtung“ patentieren lassen. Bei diesem Verfahren geht es um das bereichsweise Nachverdichten des Deponievolumens mit einem Tiefenverdichter, insbesondere auf dynamische Weise mittels Schwingungs- oder Schlagenergie.³³⁷ Dabei werden mit einem Tiefenstopfgerät Stopfsäulen im Deponiekörper gebildet. Der Tiefenrüttler wird zu Beginn des Verfahrens von der Deponieoberfläche bis zur geplanten Tiefe in den Deponiekörper eingeführt. Während dieses Vorgangs erfolgt die Verdrängung des vorhandenen Abfalls, der gleichzeitig seitlich vorverdichtet wird. Nach Erreichen der gewünschten Tiefe erfolgt eine sequenzielle Abfolge von Zieh- und Stopfbewegungen des Rüttlers, begleitet von der kontinuierlichen Zugabe des Verdichtungsmaterials. Hierdurch entsteht ein verdichteter Körper in Form einer Stopfsäule.³³⁸ Das Verfahren von den Erfindern Herrn Dipl.-Ing. Klaus Esters und Herrn Dr.-Ing. Ernst-Werner Raabe gilt insbesondere für Hausmüll.³³⁹

Im Kontext des Entsorgungsproblems für ungefährliche Bauabfälle stellt sich nun die Frage, ob sich dieses Verfahren auch auf Bauschutt und Erdaushub anwenden lässt und somit einen Beitrag zur Prävention eines potenziellen Entsorgungsnotstandes leistet?

³³⁵ Vgl. (Esters & Raabe, 1993), S. 2.

³³⁶ Vgl. (Esters & Raabe, 1993), S. 2.

³³⁷ Vgl. (Esters & Raabe, 1993), S. 1.

³³⁸ Vgl. (Esters & Raabe, 1993), S. 3.

³³⁹ Vgl. (Esters & Raabe, 1993), S. 4.

6 Literaturverzeichnis

- Bär, F., 2024.** *Agentur für Bodenaushub BAeR.* [Online]
Available at: www.bodenbaer.de.
Kurtzitel: Die Ersatzbaustoffverordnung aus Sicht eines Praktikers
[Zugriff am 20 März 2024].
- Bauer, M. et al., 2011.** *Nachhaltiges Bauen: Zukunftsfähige Konzepte für Planer und Entscheider.* Berlin(Berlin): Beuth Verlag.
- Becker, G., Weppel, J., Schütz, N. & Häusler, A., 2018.** *Bayerisches Landesamt für Umwelt (IfU).* [Online]
Available at:
https://www.lfu.bayern.de/abfall/gefaehrliche_nichtgefaehrliche_abfaelle/doc/fortschreibung_deponiebedarfsprognose.pdf
[Zugriff am 19 März 2024].
- Bodden, I. et al., 2018.** *RP-Darmstadt.Hessen.de.* [Online]
Available at: https://rp-darmstadt.hessen.de/sites/rp-darmstadt.hessen.de/files/2022-03/abfall_baumerkblatt_2018-09-01.pdf
[Zugriff am 6 März 2024].
- Braun, D. R., 2019.** *Verwertung und Beseitigung von Erdaushub und Bauschutt.* [Online]
Available at: <https://bauwirtschaft-hessen.de/wohin-mit-dem-erdaushub-entsorgung-und-verwertung-im-lichte-der-neuen-ersatzbaustoffverordnung/>
[Zugriff am 26 März 2024].
- Brucato, L., 2018.** *Verband Baugewerblicher Unternehmer Hessen e.V..* [Online]
Available at: <https://bauwirtschaft-hessen.de/menge-der-bauabfaelle-steigt-weiter-erdaushub-ist-das-groesste-problem/>
[Zugriff am 2 März 2024].
- Bulling-Schröter, E. et al., 2011.** *Beschlussempfehlung und Bericht des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.* Berlin (Berlin): Deutsch Bundestag-Drucksache 17/7505 .
- Burmeier, H. & Rüpke, A., 2020.** *Aufkommen und Entsorgung mineralischer Bauabfälle in Niedersachsen.* Hannover (Niedersachsen): s.n.
- Döring & Bortz, 2016.** *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften.* 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage Hrsg. Ilmenau: Springer Verlag.

- Dihlmann, P. & Susset, D. B., 2022.** *Einführung in die Mantelverordnung*. 1. Auflage
Hrsg. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Dudenredaktion, 2024.** *Duden - Online*. [Online]
Available at: <https://www.duden.de/rechtschreibung/Nachhaltigkeit>
[Zugriff am 13 Februar 2024].
- Dudenredaktion, 2024.** *Duden - Online*. [Online]
Available at: <https://www.duden.de/node/147055/revision/1348214>
[Zugriff am 6 März 2024].
- Esters, K. & Raabe, E.-W., 1993.** *Europäisches Patentamt*. [Online]
Available at: <https://data.epo.org/publication-server/document?iDocId=1124185&iFormat=2>
[Zugriff am 15 März 2024].
- Freise, H., 2021.** *Bauindustrie Niedersachsen-Bremen*. [Online]
Available at: <https://www.bauindustrie-nord.de/artikel/abfallrechtliche-hinweise>
[Zugriff am 29 Februar 2024].
- Freund, E. et al., 2012.** *Herausforderungen an eine neue Kreislaufwirtschaft*.
Kassel(Hessen): Universität Kassel.
- Friedrichsen, S., 2018.** *Nachhaltiges Planen, Bauen und Wohnen - Kriterien für Neubau und Bauen im Bestand*. 2. Auflage Hrsg. Münster(Nordrhein-Westfalen): Springer Vieweg Verlag.
- Hammerl, L., 2023.** *Abfallwirtschaft - Koloo Projects*. [Online]
Available at: <https://www.koloo.at/de/2023/04/05/abfallwirtschaft/>
[Zugriff am 28 Februar 2024].
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2021.** *Umwelt.Hessen.de*. [Online]
Available at: https://umwelt.hessen.de/sites/umwelt.hessen.de/files/2021-10/abfallwirtschaftsplan_hessen_2021.pdf
[Zugriff am 5 März 2024].
- Hitzel, A., 2023.** Droht Hessen der Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub?. *B_1 Umweltbau - Fachzeitschrift für unterirdische Infrastruktur*, 113 Seiten. [Zugriff am 27 März 2024]

Klein, I., 2021. *ZDB - Zentralverband Deutsches Baugewerbe.* [Online]

Available at:

https://www.zdb.de/fileadmin/dokumente/Meldungen/2021/2021_09.02_Pressengespraech_Text_Entsorgung_von_Bodenaushub_als_Preistreiber_auf_Bautellen.pdf

[Zugriff am 9 Mai 2024].

Korb, E., 2023. *Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg.* [Online]

Available

at:

file:///Users/tobiassiekemeyer/Downloads/Studienarbeit_Elisa_Korb.pdf

[Zugriff am 6 März 2024].

Kranert, M., 2017. *Einführung in die Kreislaufwirtschaft - Planung - Recht - Verfahren.* 5. Auflage Hrsg. Stuttgart(Baden Württemberg): Springer Vieweg.

Kraus, P. & Weitz, H., 2021. *Bauindustrie.de.* [Online]

Available at:

https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Bauwirtschaft-im-Zahlenbild/Bauwirtschaft_im_Zahlenbild_2021_final.pdf

[Zugriff am 2 März 2024].

Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023. *Abfallwirtschaft in Niedersachsen - Statistische Berichte.* [Online]

Available at: <https://www.statistik.niedersachsen.de/themen/abfallwirtschaft-niedersachsen/abfallwirtschaft-in-niedersachsen-statistische-berichte-178917.html>

[Zugriff am 15 Februar 2024].

Müller, P., 2014. *Nachhaltiges Bauen als wirtschaftlicher Erfolg.* Hamburg : Diplomica-Verlag.

Makko, J. P., 2023. Förderpreis im Kabelleitungstiefbau 2023. *bbr - Leitungsbau, Brunnenbau und Geothermie*, 1 September, 82 Seiten.

[Zugriff am 04 Februar 2024]

Meffert, H., Kenning, P. & Kirchgeorg, M., 2014. *Sustainable Marketing Management - Grundlagen und Cases.* 1. Auflage Hrsg. Münster: Springer Gabler Verlag.

Muntendorf, J., 2024. *Stiftung Unternehmen Wald.* [Online]

Available at: <https://www.wald.de/waldwissen/wie-viel-kohlendioxid-co2-speichert-der-wald-bzw-ein-baum/>

[Zugriff am 01 März 2024].

Oetjen-Dehne, R., Dehne, I. & Siegmund, N., 2013.

Umwelt- und Energie-Consult GmbH. [Online]

Available at: <https://lau.sachsen->

[anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Abfallwirtschaft/Dateien/Kurzfassung Entsorgung MinMa 2013.pdf](https://lau.sachsen-anhalt.de/fileadmin/Bibliothek/Politik_und_Verwaltung/MLU/LAU/Abfallwirtschaft/Dateien/Kurzfassung_Entsorgung_MinMa_2013.pdf)

[Zugriff am 17 Februar 2024].

Pfeifer, C., 2021. *Baden-Württemberg.de.* [Online]

Available at: [https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Abfall-)

[um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Abfall-](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Abfall-)

[und Kreislaufwirtschaft/Rahmenplanung und Abfallbilanz/20210128-Landesdeponiekonzeption-Baden-Wuerttemberg-nicht-barrierefrei.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/3_Umwelt/Abfall-und_Kreislaufwirtschaft/Rahmenplanung_und_Abfallbilanz/20210128-Landesdeponiekonzeption-Baden-Wuerttemberg-nicht-barrierefrei.pdf)

[Zugriff am 9 Februar 2024].

Redaktion B+R Baustoff-Handel und Recycling, 2023. *B+R Baustoff-Handel und*

Recycling Düsseldorf-Neuss GmbH. [Online]

Available at: <https://br->

[recycling.de/fileadmin/user_upload/brrecycling/pdf/de/BuR_Duesseldorf Preisliste.pdf](https://br-recycling.de/fileadmin/user_upload/brrecycling/pdf/de/BuR_Duesseldorf_Preisliste.pdf)

[Zugriff am 10 Mai 2024].

Redaktion Bauindustrieverband Niedersachsen-Bremen, 2021. *Bauindustrie*

Niedersachsen-Bremen. [Online]

Available at: <https://www.bauindustrie-nord.de/fileadmin/bauindustrie->

[nord.de/Dateien/20210304_Vero Bauindustrieverband Rohstoffverwertung.p](https://www.bauindustrie-nord.de/fileadmin/bauindustrie-nord.de/Dateien/20210304_Vero_Bauindustrieverband_Rohstoffverwertung.pdf)

[df](https://www.bauindustrie-nord.de/fileadmin/bauindustrie-nord.de/Dateien/20210304_Vero_Bauindustrieverband_Rohstoffverwertung.pdf)

[Zugriff am 8 März 2024].

Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022. *Bayerisches Landesamt für*

Statistik. [Online]

Available at:

https://www.statistik.bayern.de/mam/produkte/veroeffentlichungen/statistischeberichte/q2100c_201800.pdf

[Zugriff am 14 Februar 2024].

Redaktion Brutscher GmbH & Co. KG, 2024. *Bau-Brutscher.* [Online]

Available at: <https://www.bau-brutscher.de/service/downloads/preislisten.html>

[Zugriff am 10 Mai 2024].

Redaktion Hauptverband der Bauindustrie e.V., 2023.

Hauptverband der Bauindustrie. [Online]

Available at: <https://www.bauindustrie.de/zahlen-fakten/bauwirtschaft-im-zahlenbild/bedeutung-der-bauwirtschaft>

[Zugriff am 21 Februar 2024].

Redaktion Hauptverband der Bauindustrie e.V., 2023.

Hauptverband der Bauindustrie. [Online]

Available at:

https://www.bauindustrie.de/fileadmin/bauindustrie.de/Zahlen_Fakten/Auf_den_Punkt_gebracht/Bi_auf_den_Punkt_gebracht_-_Baukonjunktuelle_Lage1.pdf

[Zugriff am 22 Februar 2024].

Redaktion Recycling Park Harz GmbH, 2024. *Recycling Park Harz GmbH.* [Online]

Available at:

https://recyclingpark.de/files/rp/PDF_Ausgang/Preislisten_Entsorgung_Goslar.pdf

[Zugriff am 10 Mai 2024].

Redaktion Recycling-Center Stein, 2022. *Karl Stein - Recycling Center.* [Online]

Available at: <https://www.karl-stein.de/wp-content/uploads/2018/10/Materialpreisliste-14.03.2022.pdf>

[Zugriff am 10 Mai 2024].

Redaktion Sächsisches Staatsministerium für Energie, Klimaschutz, Umwelt und Landwirtschaft, 2023. *Sachsen.de.* [Online]

Available at: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/43440>

[Zugriff am 18 Februar 2024].

Redaktion Sieber Recycling & Containerdienst, 2024.

SIEBER Recycling & Containerdienst. [Online]

Available at: <https://www.recycling-sieber.de/containerbestellung>

[Zugriff am 10 Mai 2024].

Redaktion Statista, 2023. *Statista.* [Online]

Available at:

<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1078829/umfrage/treibhausgasemissionen-der-deutschen-industrie-nach-branchen/>

[Zugriff am 01 März 2024].

Redaktion Statistisches Bundesamt , 2023. *D_STATIS_Statistisches Bundesamt.*

[Online]

Available at:

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2023/06/PD23_213_321.html

[Zugriff am 22 März 2024].

Redaktion Statistisches Bundesamt, 2022. *D_STATIS_Statistisches Bundesamt.*

[Online]

Available at: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Umwelt/Abfallwirtschaft/inhalt.html#_6caod0jbd

[Zugriff am 10 März 2024].

Redaktion Statistisches Bundesamt, 2023. *D_STATIS_Statistisches Bundesamt.*

[Online]

Available at: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Wirtschaft/Preise/Baupreise-Immobilienpreisindex/Publikationen/bauwirtschaft-preise-artikel.html>

[Zugriff am 9 Mai 2024].

Redaktion Umweltbundesamt , 2024. *Umweltbundesamt.* [Online]

Available at: <https://www.umweltbundesamt.de/service/glossary/c>

[Zugriff am 1 März 2024].

Redaktion Verband baugewerblicher Unternehmer, 2017.

Bund deutscher Baumeister, Architekten und Ingenieure. [Online]

Available at: <https://bdb-baumeister.de/wp-content/uploads/2017/02/17-positionspapier-der-hessischen-bauwirtschaft-erdaushub-und-boeden-in-hessen.pdf>

[Zugriff am 8 Mai 2024].

Reppold, V. & Trapp, M., 2023. *Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz*

Nordrhein-Westfalen (LANUV). [Online]

Available at:

https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/LANUV-Fachbericht_140.pdf

[Zugriff am 26 Februar 2024].

Runge, M., 2019. *Niedersächsisches Ministerium für Umwelt, Energie und Klimaschutz.* [Online]

Available at:

https://www.umwelt.niedersachsen.de/startseite/themen/abfall/bilanzen_amp_plane/abfallwirtschaftsplan/niedersaechsischer-abfallwirtschaftsplan-94709.html

[Zugriff am 16 Februar 2024].

Schütz, N. & Becker, G., 2020. *Sachsen.de.* [Online]

Available at: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/36786>

[Zugriff am 18 Februar 2024].

Schaider, M., 2023. *RP-Darmstadt.Hessen.de.* [Online]

Available at: <https://rp-darmstadt.hessen.de/umwelt-und-energie/abfall/deponien/deponieklassen>

[Zugriff am 10 Januar 2024].

Schneider, K. J. et al., 2018. *Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweise und Beispielen.* 23. Auflage Hrsg. Bochum: Bundesanzeiger Verlag.

Schubert, K. & Klein, M., 2018. *Das Politiklexikon - Begriffe - Fakten - Zusammenhänge.* 8. aktualisierte und erweiterte Auflage Hrsg. Bonn: Dietz Verlag.

Schweitzer, E., 2010. *Tagesspiegel.* [Online]

Available at: <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/alle-abfalle-zu-rohstoffen-machen-4530811.html>

[Zugriff am 14 Mai 2024].

Siekemeyer, T., 2022. *Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Hessen - Auswirkungen, Grenzen und Perspektiven.* Frankfurt(Hessen): Fraunhofer IRB Verlag .

Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022. *Abfallwirtschaft und Recycling in Sachsen.* [Online]

Available at: https://www.statistik.sachsen.de/html/statistische-berichte.html?_cp=%7B%22accordion-content-5341%22%3A%7B%2218%22%3Atrue%7D%2C%22previousOpen%22%3A%7B%22group%22%3A%22accordion-content-5341%22%2C%22idx%22%3A18%7D%7D

[Zugriff am 23 Februar 2024].

Van R  th, P., Schönthaler, K. & Buth, M., 2019. *Umweltbundesamt*. [Online]

Available at:

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/das_monitoringbericht_2019_barrierefrei.pdf

[Zugriff am 02 März 2024].

Würtemberger, P., 2024. *Gesch  ftsf  hrung Würtemberger GmbH & Co. KG*

[Interview] (24 März 2024).

World Comission on Environment and Development, 1987. *Our Common Future, Chapter 2: Towards Sustainable Development*. [Online]

Available at: <http://www.un-documents.net/ocf-02.htm#l>

[Zugriff am 15 April 2024].

Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub in Deutschland

Auswirkungen und Deponiekapazitäten

Das Bauwesen gehört zu den ressourcenintensivsten Wirtschaftszweigen und erzeugt mit 230,9 Millionen Tonnen rund 55 Prozent der Gesamtabfallmenge der Bundesrepublik Deutschland. Im Kontext der Entsorgung dieser Abfallmenge reklamiert die Bauwirtschaft seit mehreren Jahren zunehmende Schwierigkeiten bei der Beseitigung von Bauschutt und Erdaushub.

Die fortschreitende Verknappung der Deponiekapazitäten für Bau- und Abbruchabfälle stellt die Entsorgungsinfrastruktur in Deutschland vor immer größere Herausforderungen. Demgegenüber stehen jedoch die Aussagen und Forderungen der Gesetzgebung, die die Schaffung neuer regionaler Entsorgungsstätten als Widerspruch zum Kreislaufwirtschaftsgesetz sehen. Gesetzlicherseits wird die Förderung eines kreislaufgerechten Umgangs mit Bauabfällen nach der fünfstufigen Abfallhierarchie gefordert. Baustoffe respektive Bauabfälle werden gegenwärtig jedoch nur in geringem Umfang in Kreisläufen geführt. Dieser Sachverhalt sowie die nicht ausreichende Wiederverwendung und mangelnde regionale Deponiekapazitäten führen zu steigenden Transportentfernungen, wachsenden Kosten und einer erheblichen Umweltbelastung.

Aufbauend auf bestehenden Forschungsanalysen erweitert der Autor den Blickwinkel und untersucht in Form einer Deponiebedarfsanalyse die Entsorgungssituation der fünf bauwirtschaftlich stärksten Bundesländer Deutschlands.

ISBN 978-3-7388-0997-8

