

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 & Rüpk, 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.

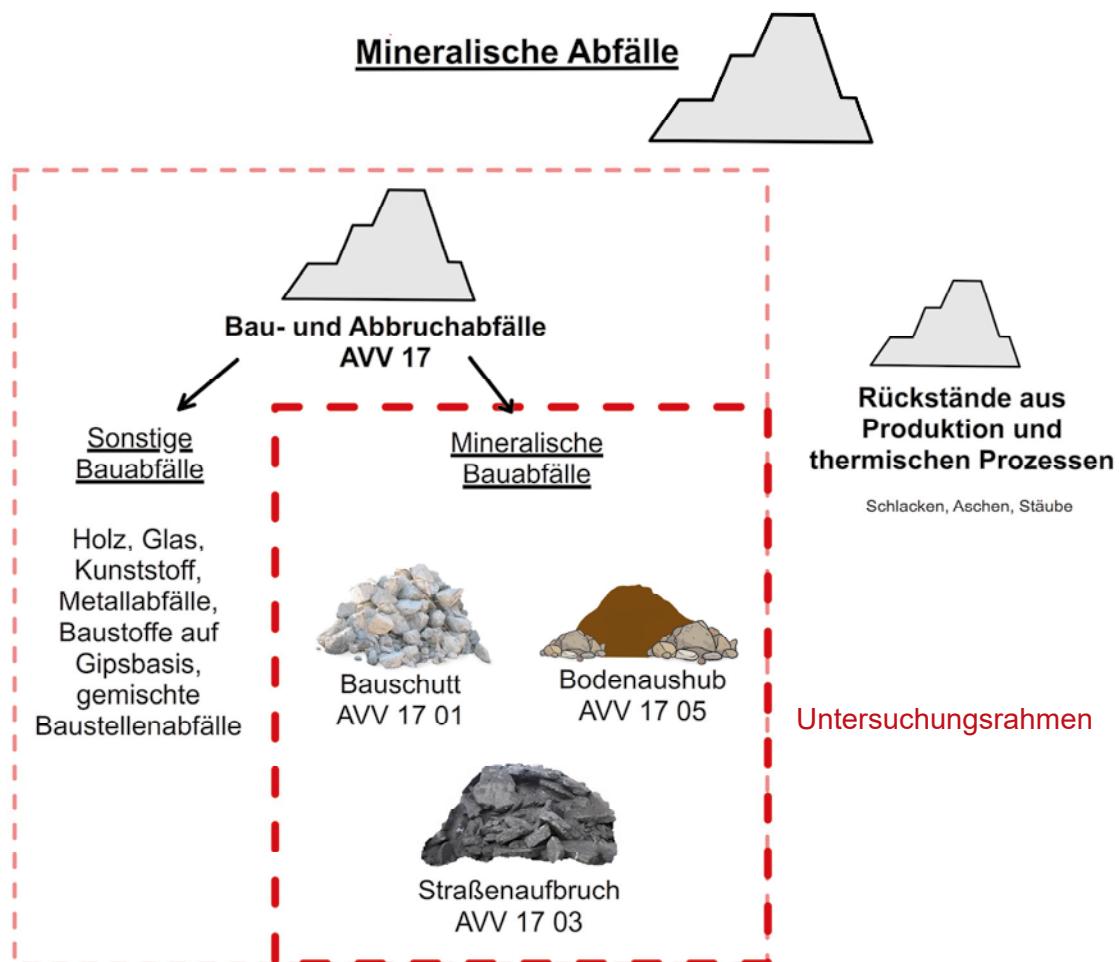


Abbildung 11 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens nach Abfallart

[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Burmeier & Rüpk, 2020), S. 7, 17.04.2024]

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

AVV Kapitel 17: Bau- und Abbruchabfälle		
Abfall	Abfallschlüssel	Abfallart
Bauschutt	17 01	Beton, Ziegel, Fliesen und Keramik
	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 Deponiekasse 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 Deponiekasse 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.

Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub

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

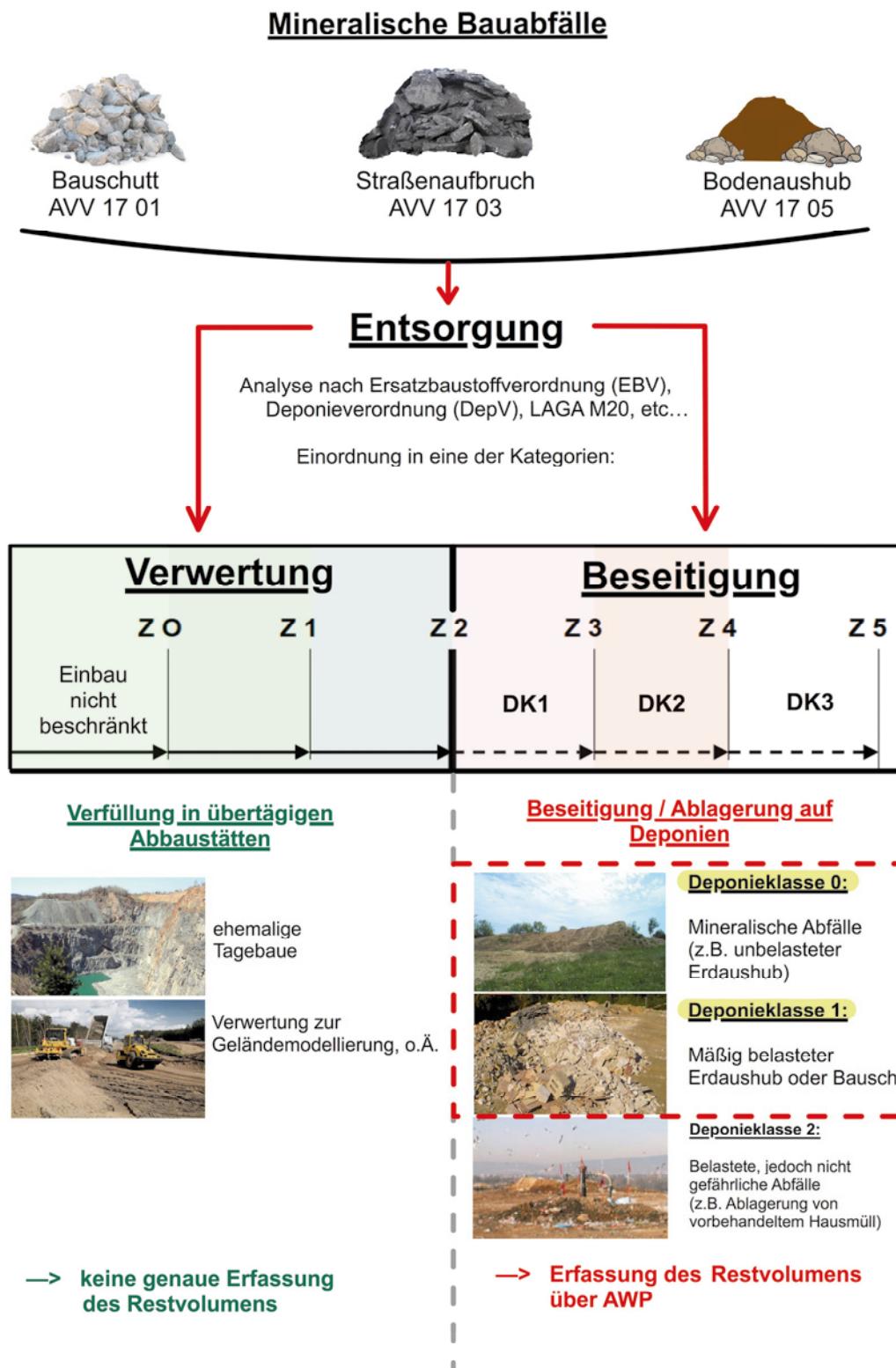


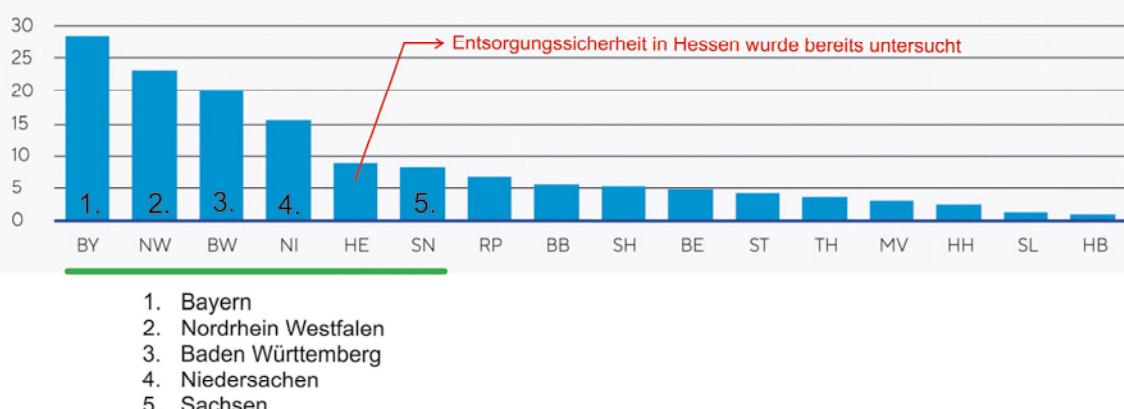
Abbildung 12 Darstellung der untersuchungsrelevanten Entsorgungsanlagen
[Eigene Darstellung, in Anlehnung an § 3 Absatz 22, 23 & 26 KrWG, 18.04.2024]

¹²⁵ Vgl. (Siekmeyer, 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.

Baugewerblicher Umsatz im Bauhauptgewerbe 2020, in Mrd. Euro



*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 Asphalt aufbruch 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.

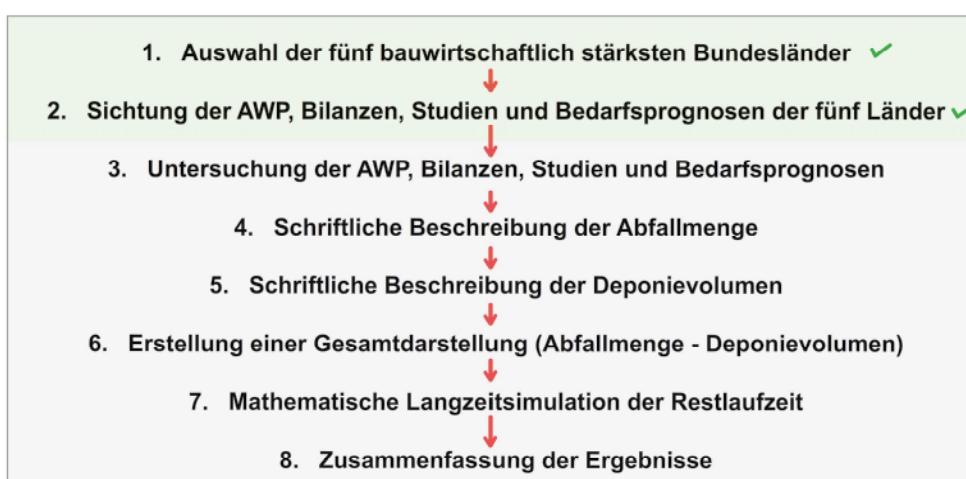


Abbildung 14 Vorgehen bei der Analyse der Entsorgungssicherheit [Eigene Darstellung, 20.04.2024]

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 Ablagerungskapazitäten 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.

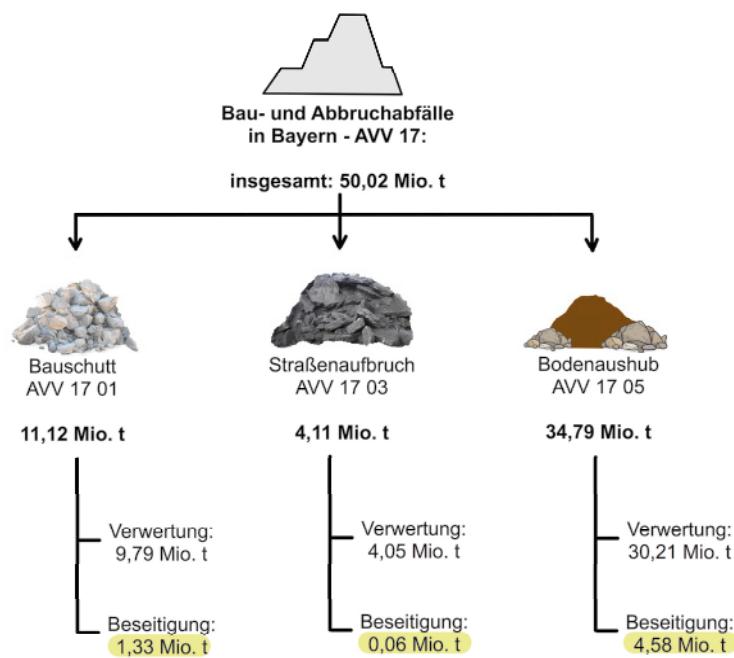


Abbildung 15 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), 21.04.2024]

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.

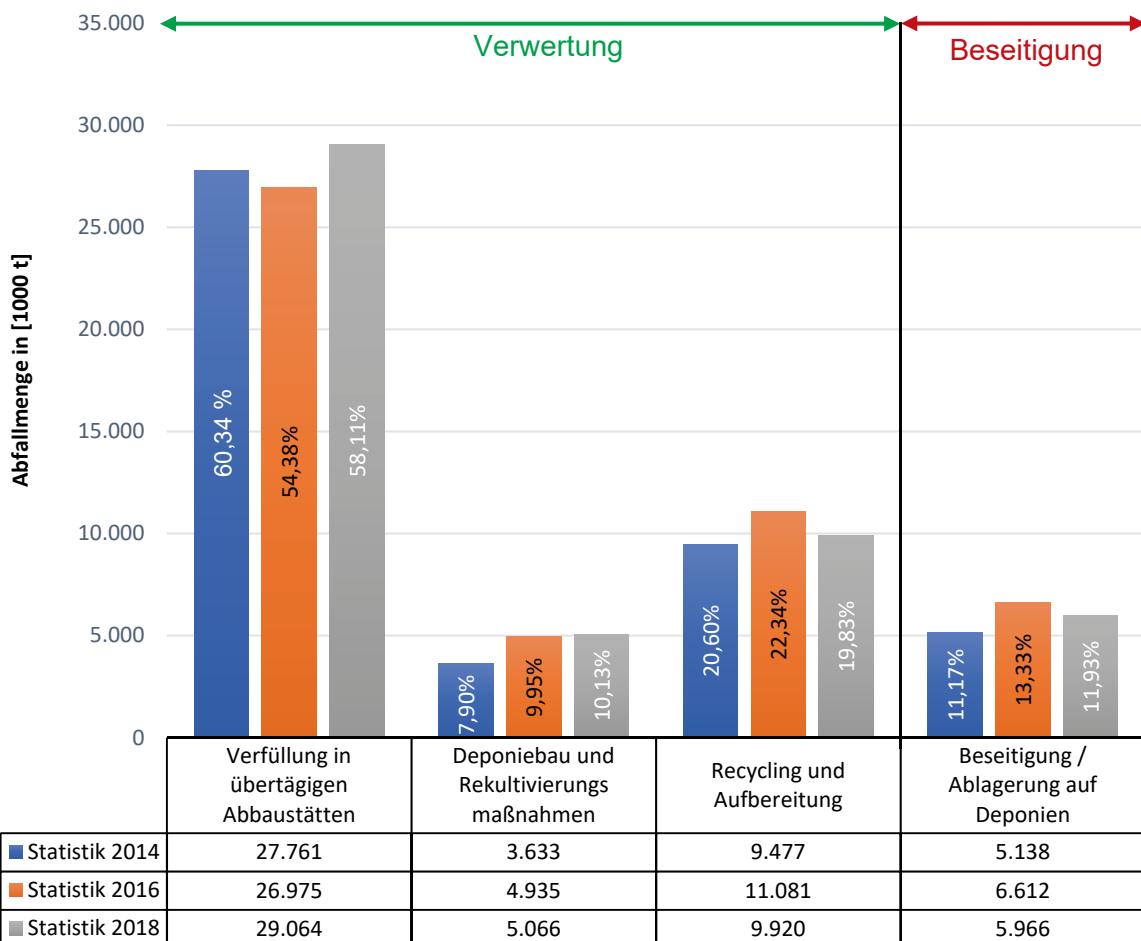


Abbildung 16 Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Redaktion Bayerisches Landesamt für Statistik, 2022), 21.04.2024]

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. Bezuglich 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 Deponiekasse 1 lag bei 2,63 Millionen Kubikmeter und das Volumen der Klasse 2 bei 6,97 Millionen Kubikmeter. Für die Deponiekasse 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.

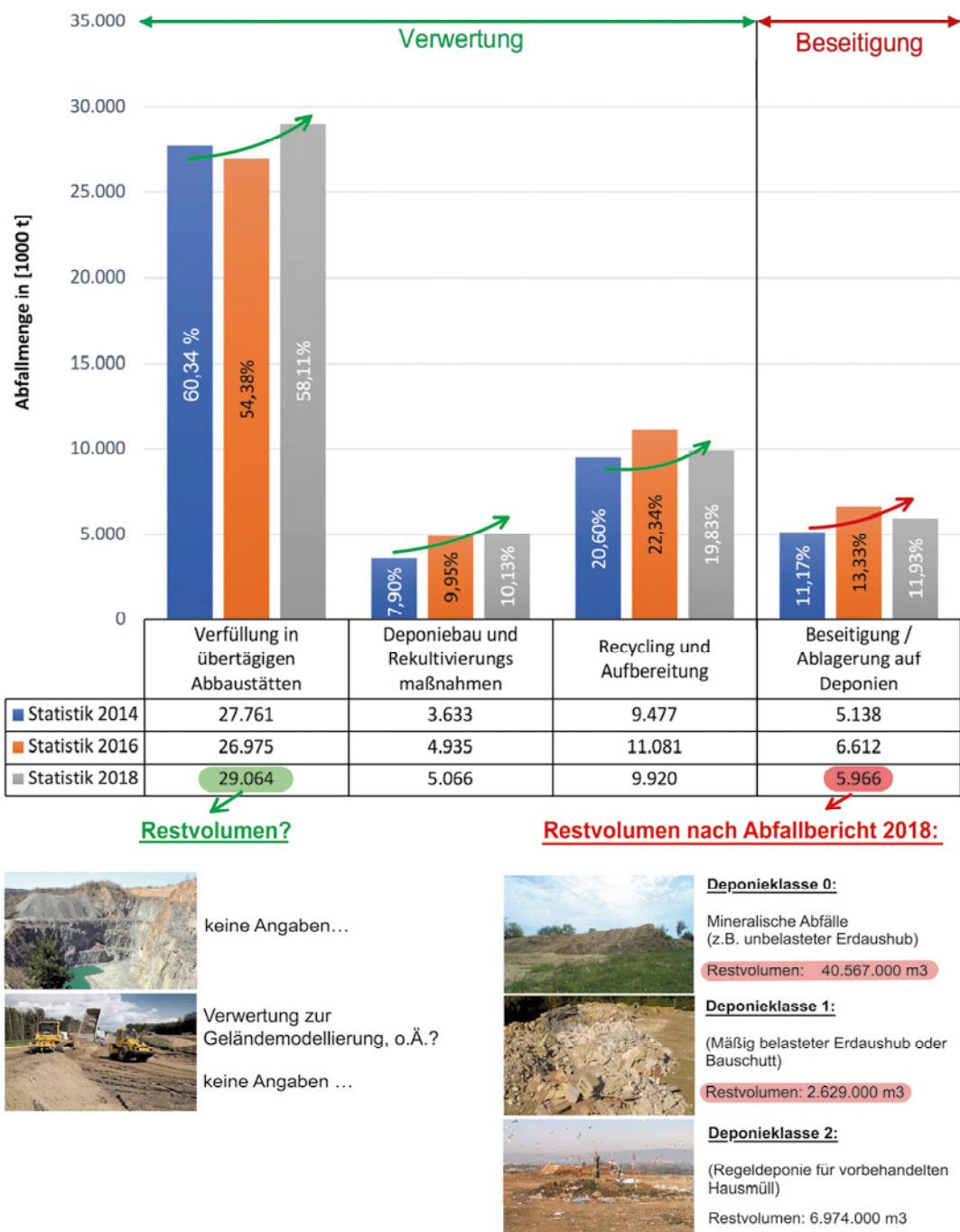


Abbildung 17 Abfallaufkommen und Deponievolumen in Bayern [Eigene Darstellung, 27.04.2024]

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 Deponeiklasse 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:

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

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 Grafikfenseters 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.

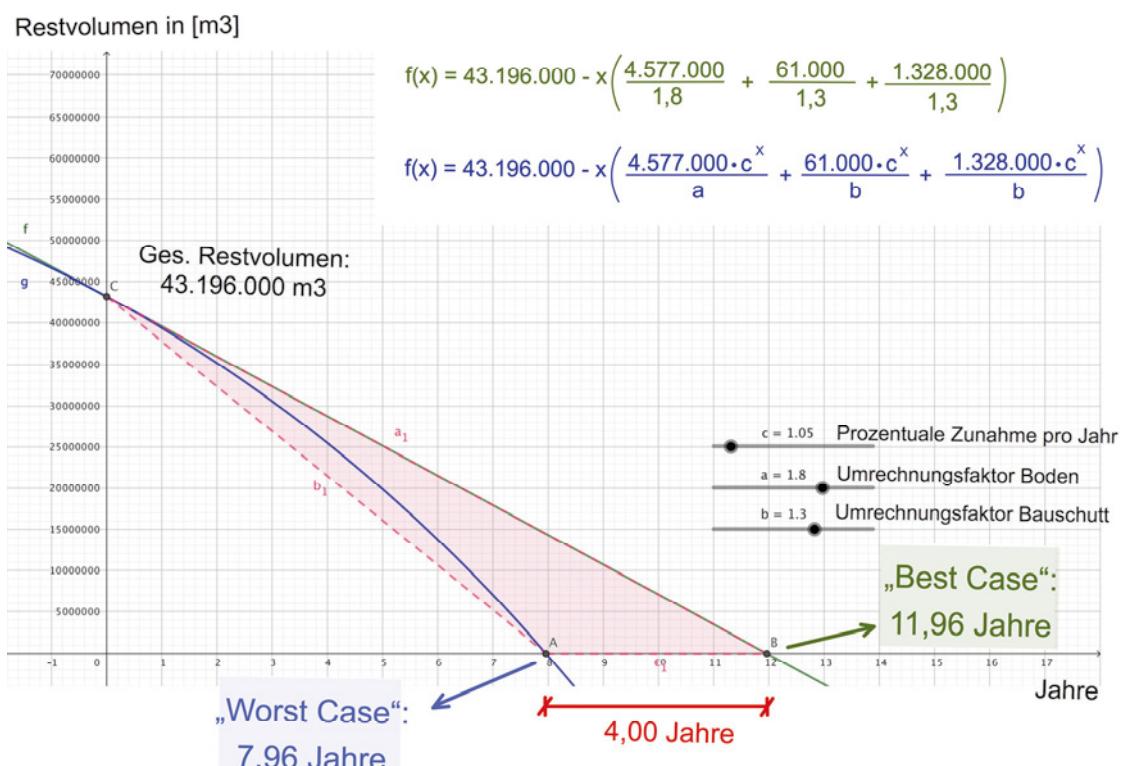


Abbildung 18 Langzeitsimulation Bayern [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 28.04.2024]

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 Bauaktivität 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 Berichtsjahrs 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 Deponiekategorie 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 Deponiekategorie 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 Deponiekasse 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.

Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub

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, Kohlen-teeer und teerhaltige Produkte	750.019
Straßenaufbruch (Asphalt)	17 03 01 *	kohlenteerhaltige Bitumen-gemische	242.774
	17 03 02	Bitumengemische mit Aus-nahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen	507.245
	17 05	Boden, Steine und Bagger-gut	4.874.498
Boden	17 05 03 *	Boden und Steine, die gefährliche Stoffe enthalten	172.807
	17 05 04	Boden und Steine mit Aus-nahme 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 Deponiekasse 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 Deponiekasse 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 Deponiekasse 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

Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub

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]
Bauschutt	17 01	Beton, Ziegel, Fliesen	966.981
	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:



Deponiekasse 0:

Mineralische Abfälle
(z.B. unbelasteter Erdaushub)

Restvolumen: 32.780.208 m³

Deponiekasse 1:

(Mäßig belasteter Erdaushub oder Bauschutt)

Restvolumen: 36.749.792 m³

Deponiekasse 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:

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

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.

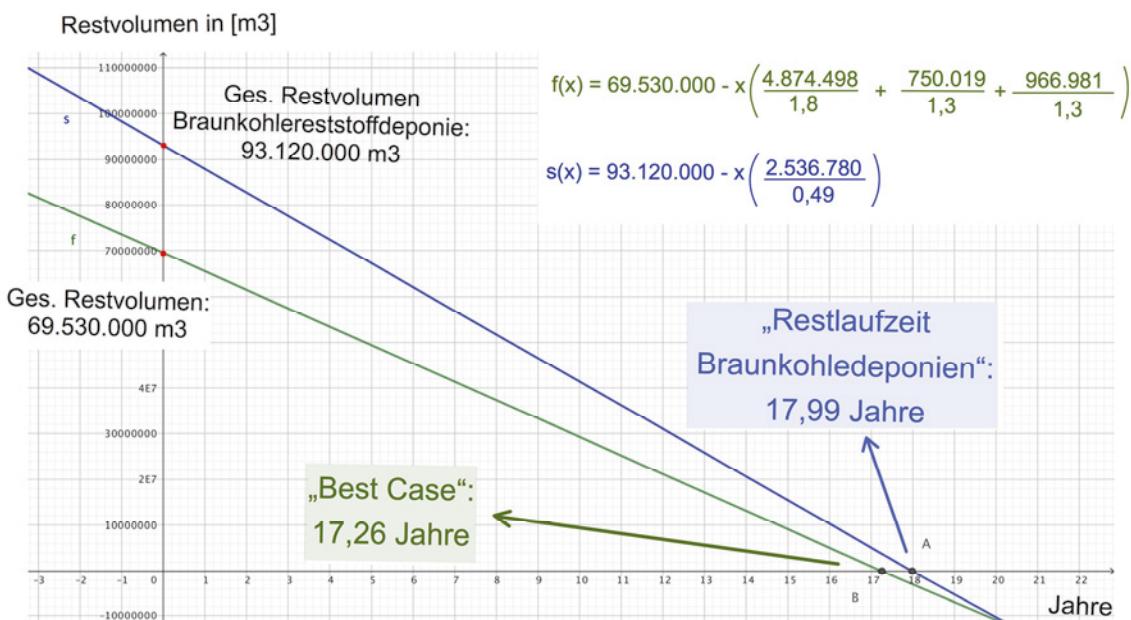


Abbildung 21 Langzeitsimulation NRW [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 05.05.2024]

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 schätzt 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.

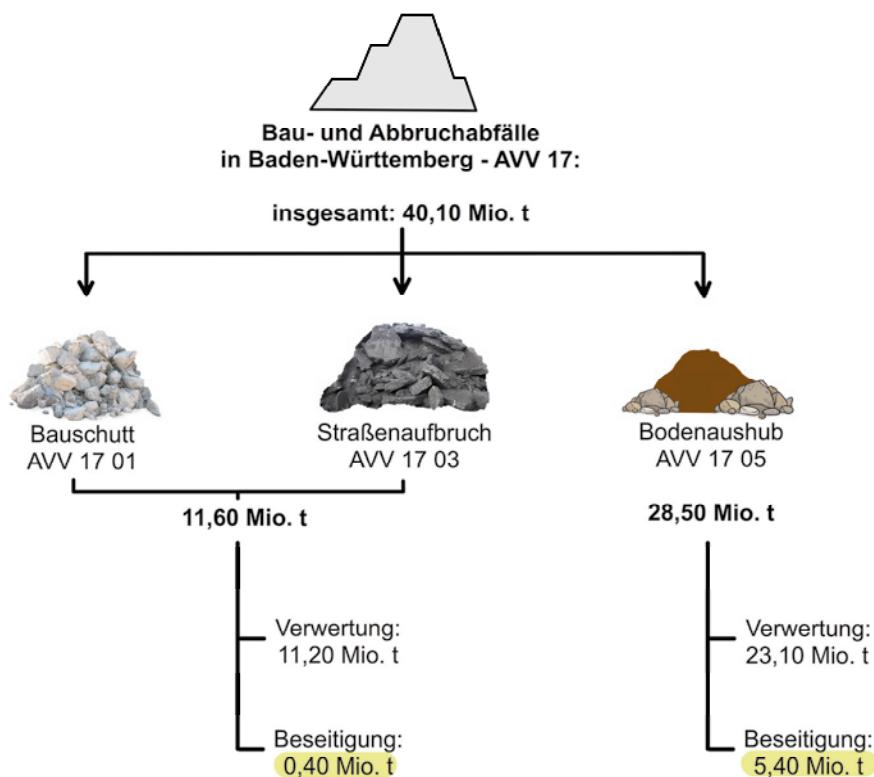


Abbildung 22 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018

[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 Deponiekategorie 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 Deponiekategorie 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.

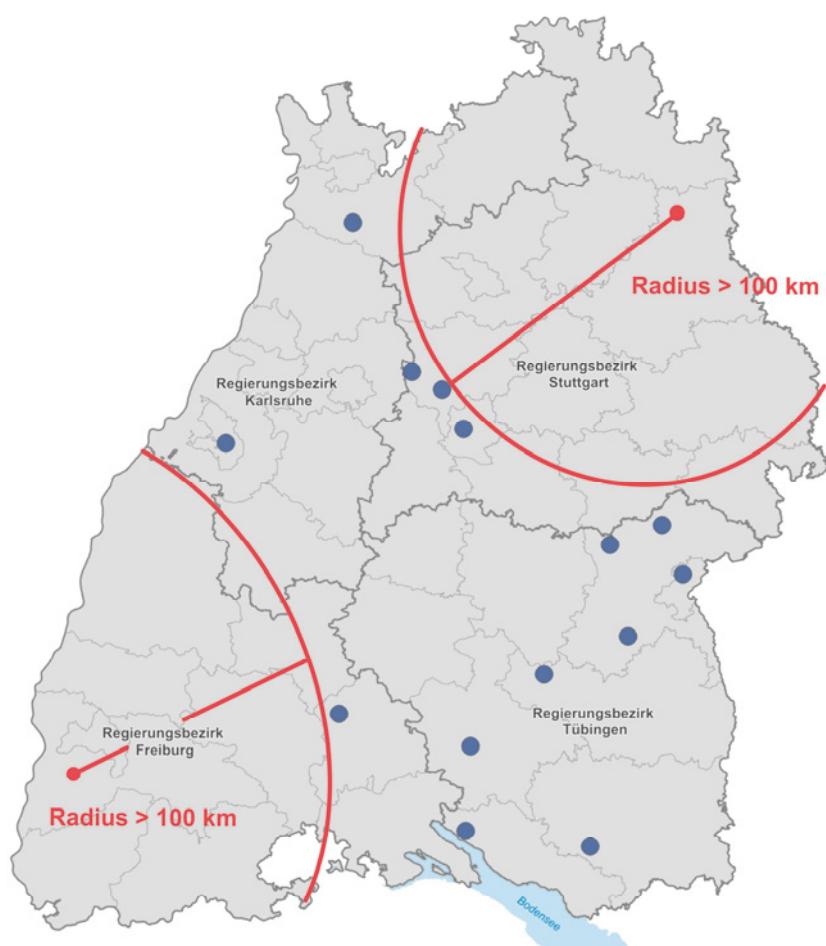


Abbildung 23 Deponiestandorte DK1 in Baden-Württemberg [(Pfeifer, 2021), S. 6, Abbildung 2]

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 Deponiekategorie 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 Deponiekategorie 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 Straßenaufrüttung 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 ausgebauten 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.

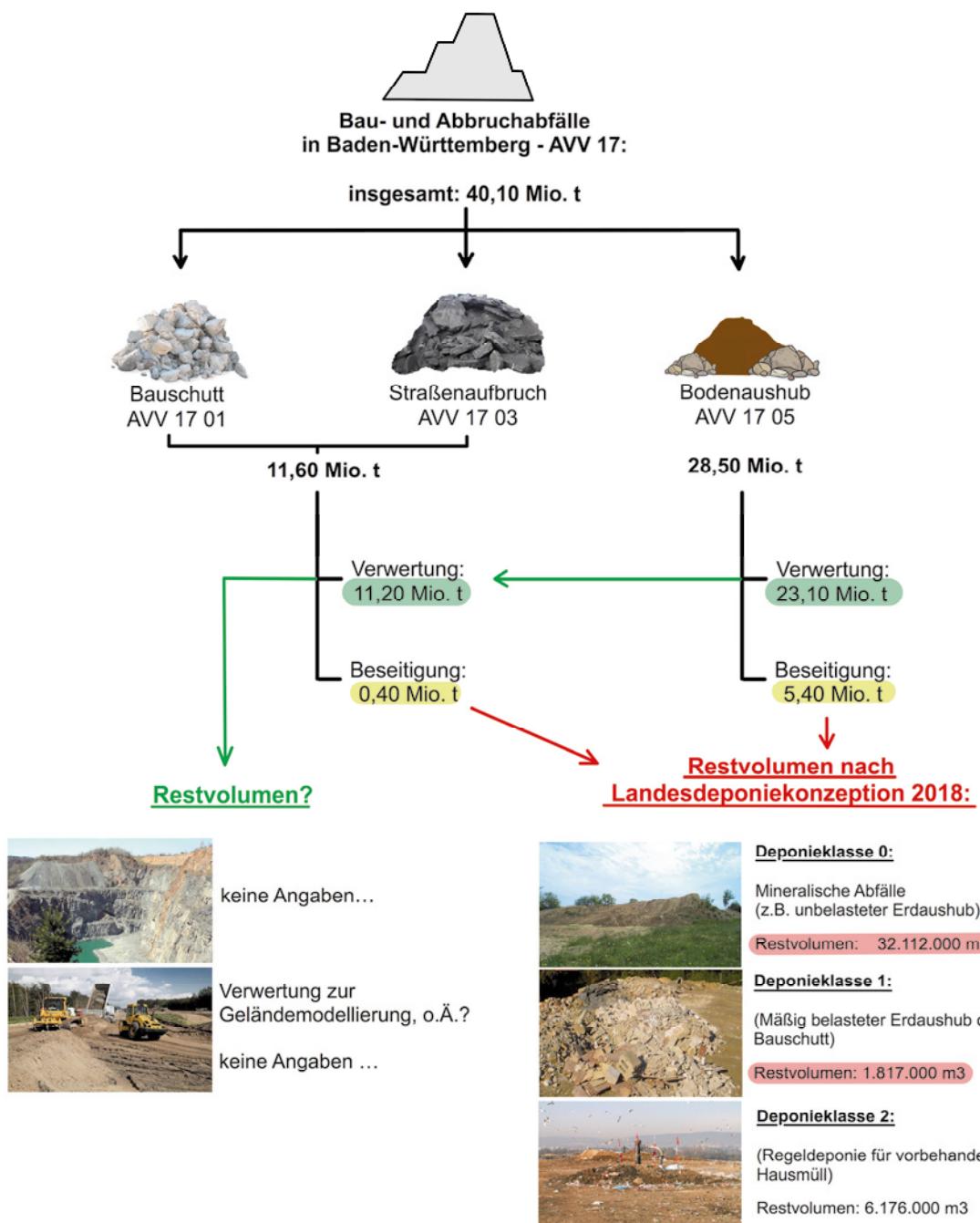


Abbildung 24 Abfallaufkommen und Deponievolumen in BW [Eigene Darstellung, 09.05.2024]

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:

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

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.

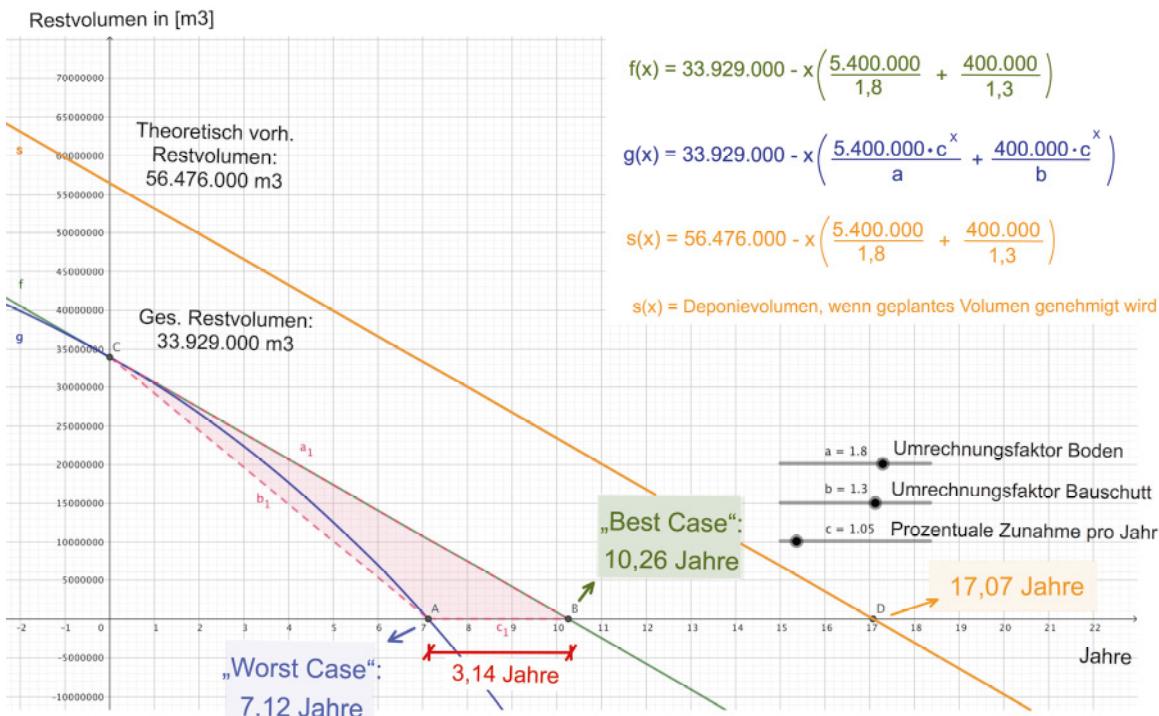


Abbildung 25 Langzeitsimulation BW [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 09.05.2024]

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 ausgebauten 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 zeitnäher 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 Deponiekasse 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“			
Deponiekasse	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“			
Deponiekasse	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. (Siekmeyer, 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. Obwohl 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 Deponiekategorie 0 und 1 abgelagert. Der größte Teil der deponierten Menge entfällt erneut auf den Bodenaushub mit etwa 0,84 Millionen Tonnen.

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

¹⁹⁶ Vgl. (Burmeier & Rüpk, 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.

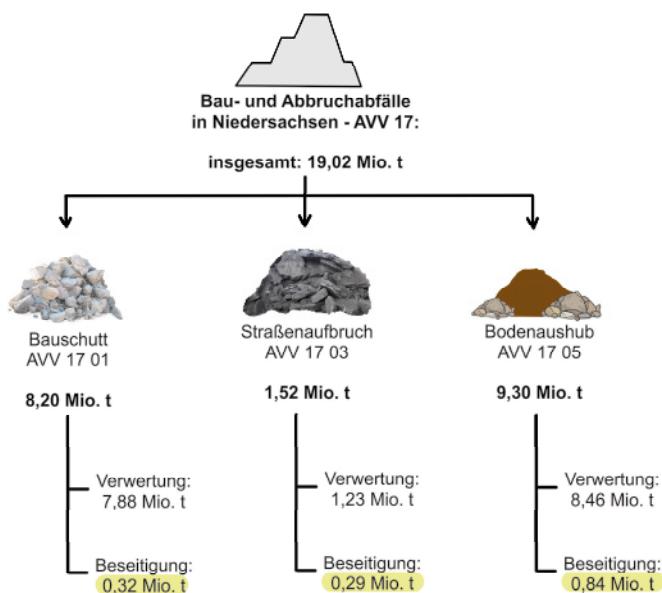


Abbildung 26 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), 16.05.2024]

Der Hauptteil der verwerteten Materialien wird in Baustoffrecycling- und Asphaltmischanlagen aufbereitet. Im Erhebungsjahr 2018 betrug die Gesamtzufluss 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 übertägige Abbaustätten verbracht werden (vgl. Abbildung 27). Zur Verfüllung dieser übertägigen 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.

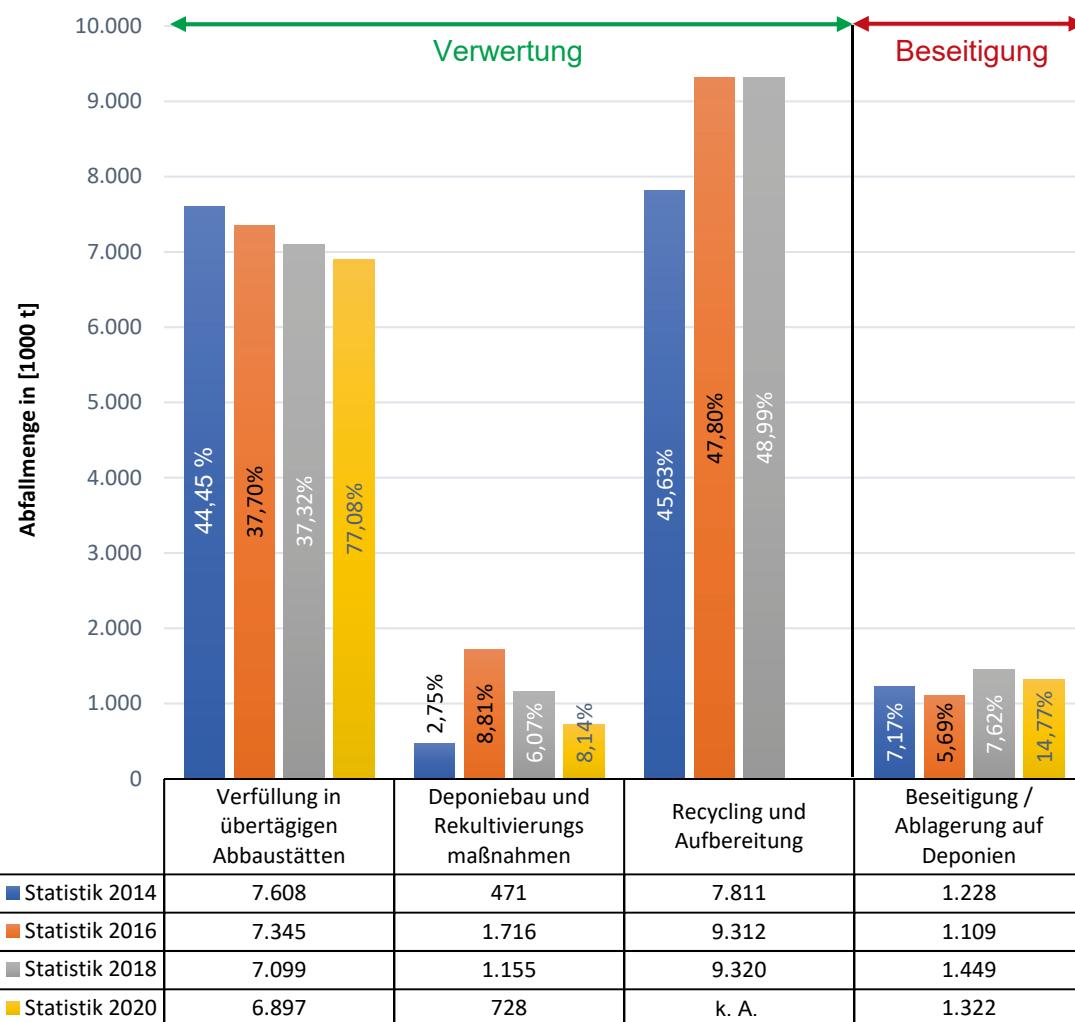


Abbildung 27 Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Landesamt für Statistik Niedersachsen (LSN), 2023), 15.05.2024]

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 & Rüpk, 2020), S. 45.

²⁰³ Vgl. (Burmeier & Rüpk, 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 & Rüpk, 2020), S. 47, Tabelle 26.

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

Restvolumen von insgesamt 11,37 Millionen Kubikmetern.²⁰⁹ Des Weiteren wurde für drei weitere Standorte ein Antrag auf Planfeststellung gestellt. Gemäß den Planungen sollen diese drei Standorte über ein Ablagerungsvolumen von insgesamt 7,2 Millionen Kubikmetern verfügen.²¹⁰ Um einen Überblick über die Anzahl, die Lage aber auch die geografische Verteilung der DK0- und DK1-Deponien zu erhalten, kann auf Abbildung 28 zurückgegriffen werden.

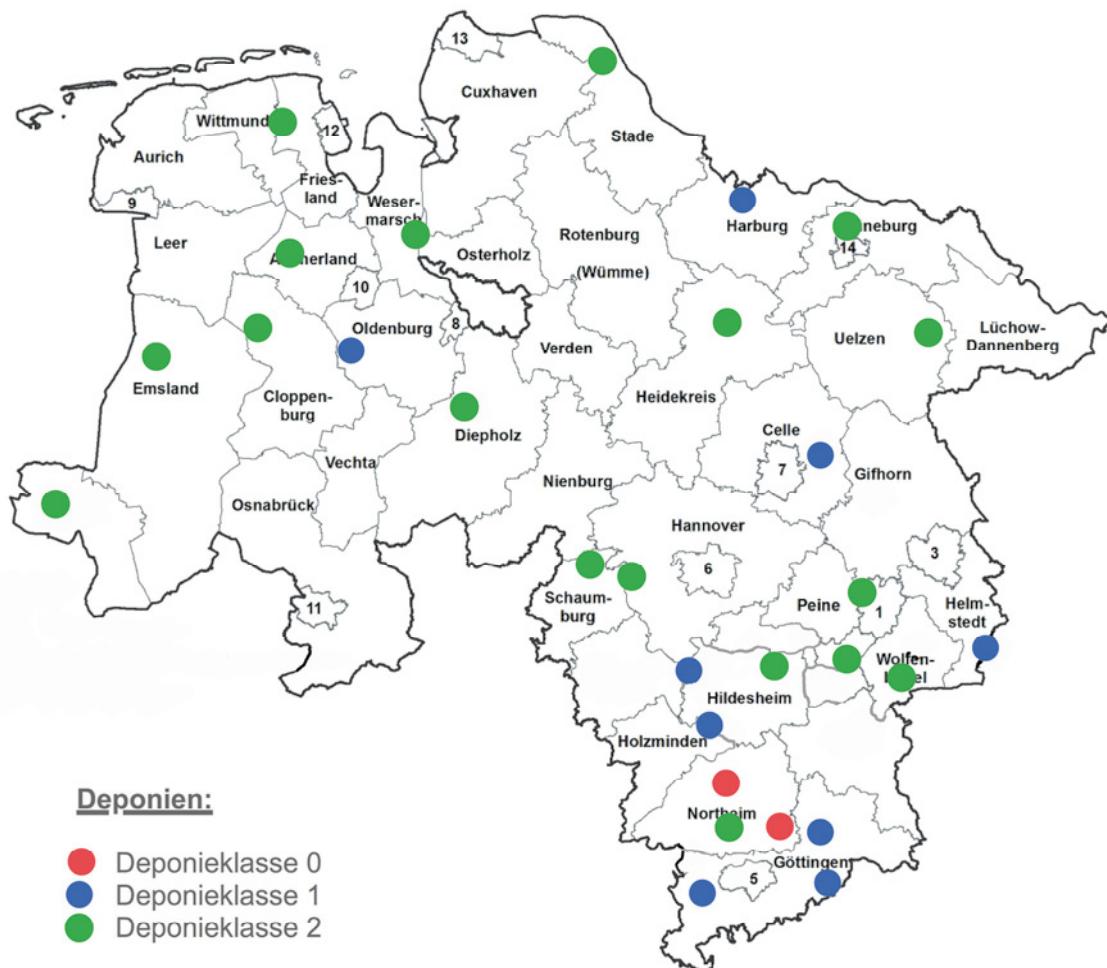


Abbildung 28 Öffentlich zugängliche Deponien in Niedersachsen

[Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Runge, 2019), Abbildung 10, 16.05.2024]

Bei Betrachtung der Landkarte des Bundeslandes fällt auf, dass die geografische Verteilung der Deponien der untersten Deponiekasse äußerst ungleichmäßig ist. Die beiden DK0-Deponien befinden sich im südlichen Teil des Landes, was bedeutet, dass Bau- und Abbruchabfälle aus dem Norden oder Westen nur unter enormen Transportentfernungen entsorgt werden können. Die neun Deponien der Klasse 1 und ihre Restvolumina sind ebenfalls regional stark unterschiedlich verteilt. Der geografische Schwerpunkt der DK0- und insbesondere der DK1-Deponien liegt im südlichen und mittleren Teil Niedersachsens.

²⁰⁹ Vgl. (Burmeier & Rüpk, 2020), S. 49.

²¹⁰ Vgl. (Burmeier & Rüpk, 2020), S. 52, Tabelle 28.

Im nördlichen Niedersachsen erstrecken sich die Deponien weitläufig über die Landkreise Celle, Harburg und Oldenburg.²¹¹ Lediglich die Deponien der Klasse 2 weisen eine gleichmäßige 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 ortsnah 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 Deponiekategorie 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 & Rüpk, 2020), S. 51.

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

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

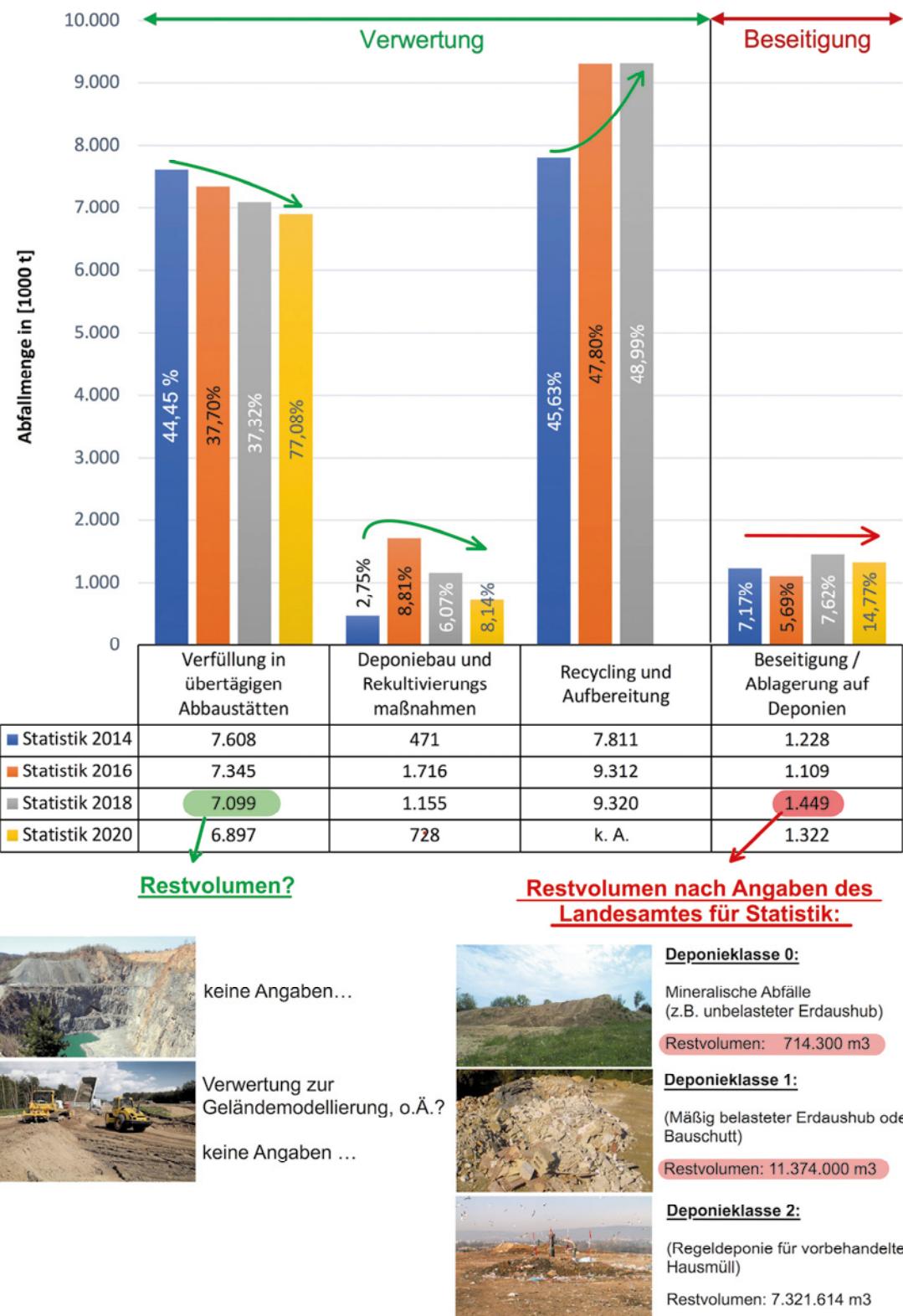


Abbildung 29 Abfallaufkommen und Deponievolumen in Niedersachsen [Eigene Darstellung, 16.05.24]

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.

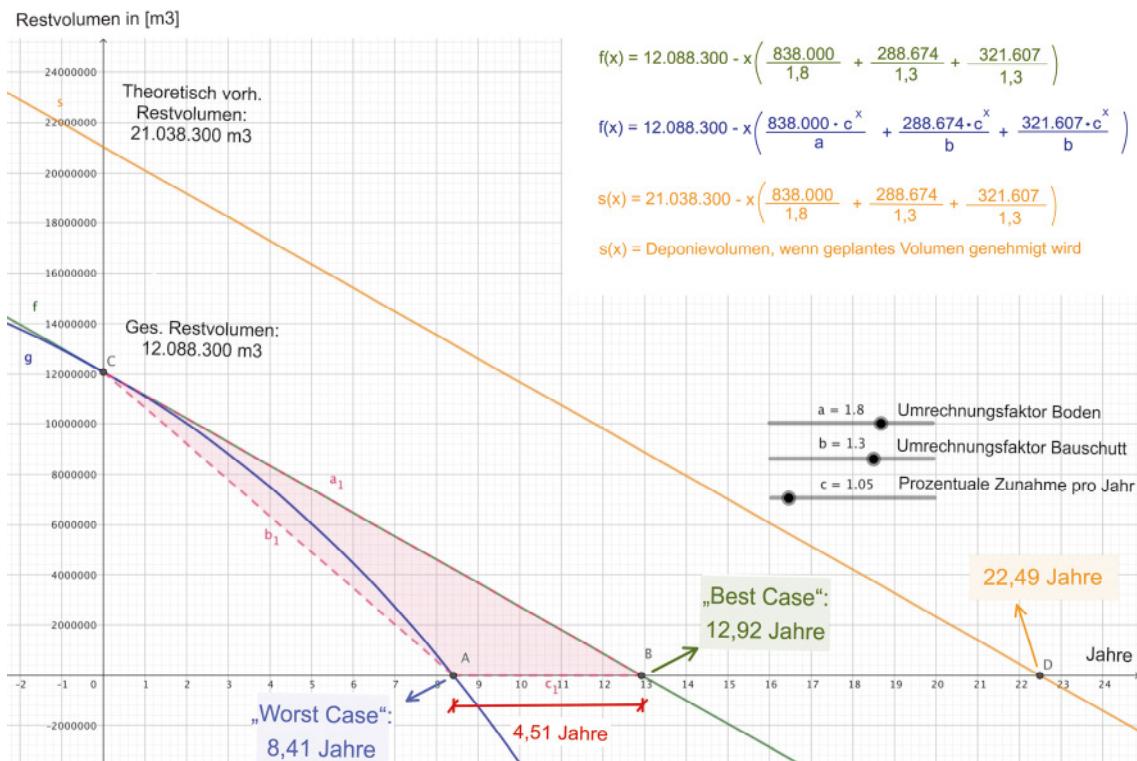


Abbildung 30 Langzeitsimulation Niedersachsen [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 16.05.24]

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 ansteige, 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 & Rüpk, 2020), S. 83.

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

²¹⁸ Vgl. (Burmeier & Rüpk, 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 Straßenaufrüttung 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.

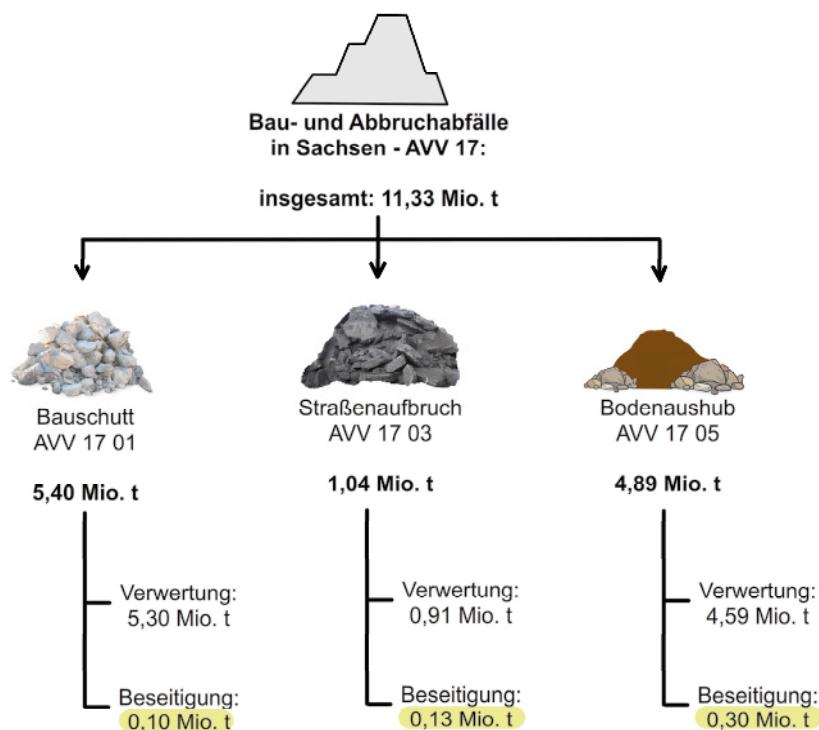


Abbildung 31 Aufkommen von Bauabfällen nach AVV in 2018 [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), 23.05.2024]

Bei der weiteren Analyse der Abfallströme wird deutlich, dass der Großteil der verwerteten Materialien zur Verfüllung von übertägigen 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.

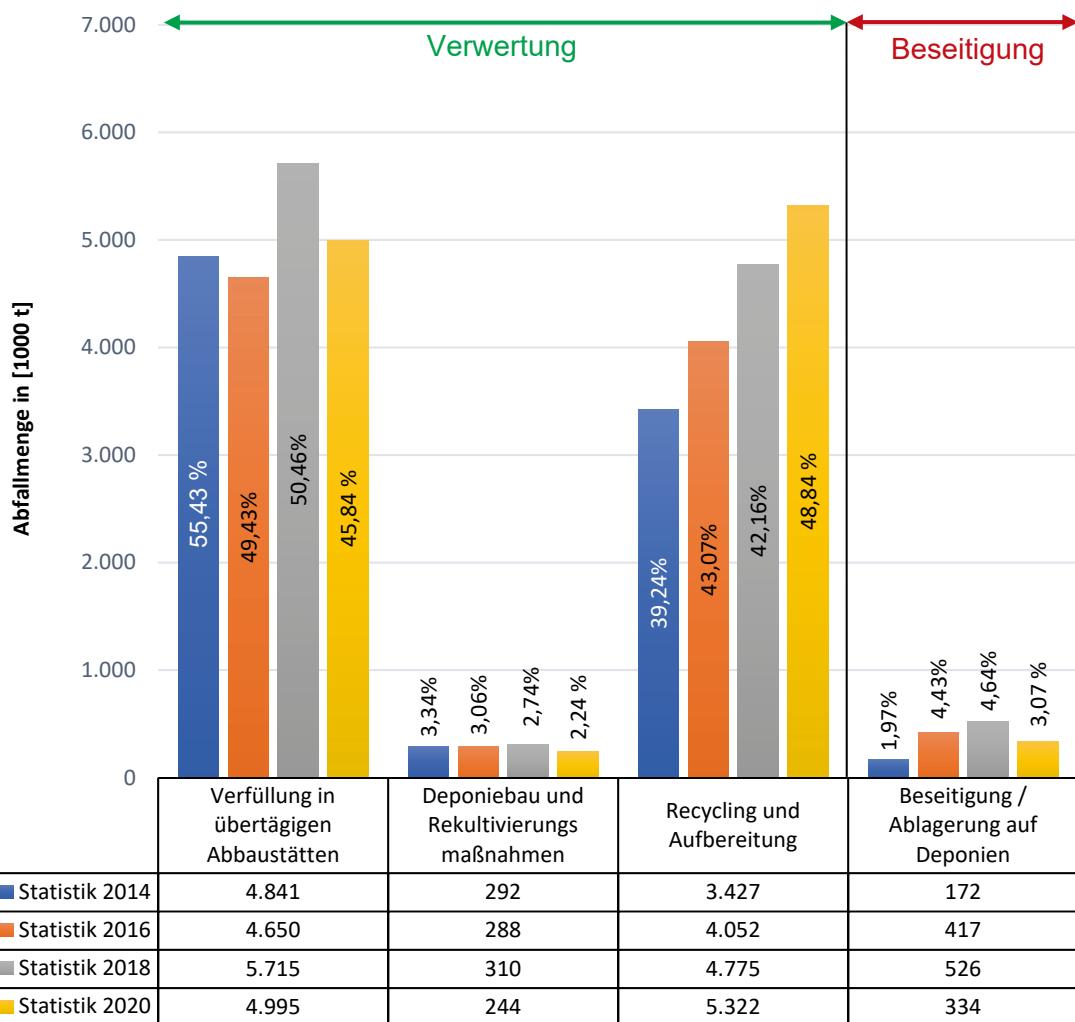


Abbildung 32 Aufkommen von Bauabfällen nach Entsorgungswegen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Statistisches Landesamt Sachsen (StaLaS), 2022), 23.05.2024]

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 Rötha, die über ein Ablagerungsvolumen von 504.000 Kubikmetern verfügt, wurde das Angebot an Deponiekapazitäten erweitert.²⁴³ Im Bereich der Deponiekasse 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 Rötha befinden sich in der Nähe von Dresden.²⁴⁴ Für die Zwecke dieser Untersuchung werden ausschließlich diese drei Deponien, welche unter die Deponiekasse 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.

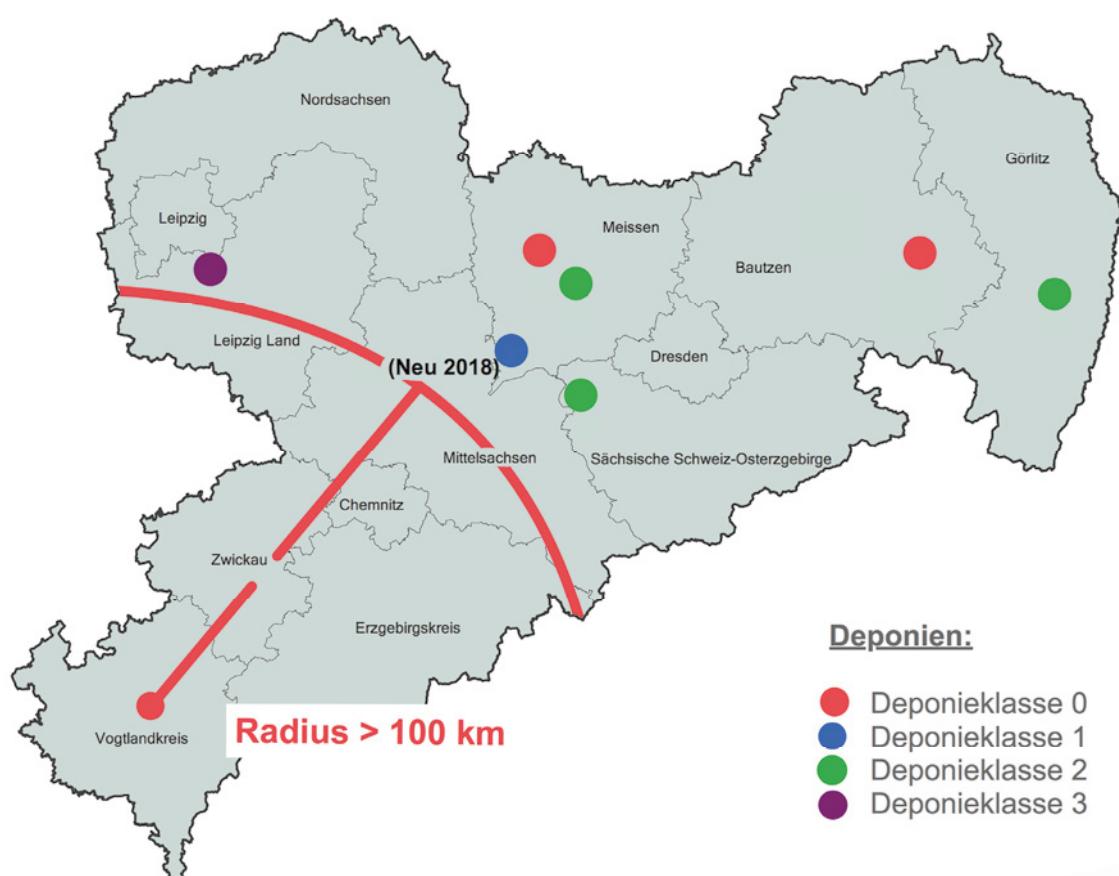


Abbildung 33 Deponiestandorte im Bundesland Sachsen [Eigene Darstellung, in Anlehnung an (Schütz & Becker, 2020), S. 29, Abbildung 1, 24.05.2024]

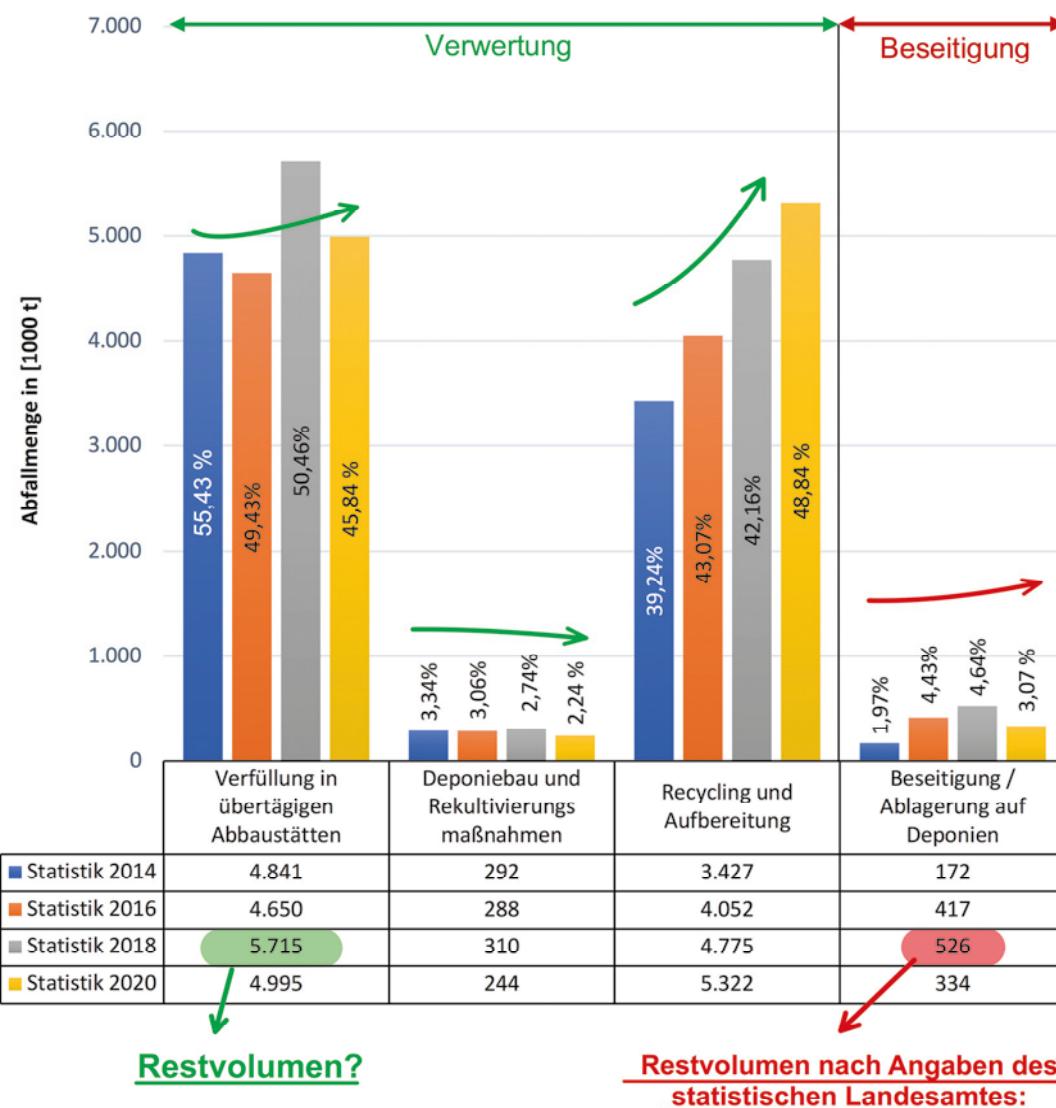
²⁴⁵ Vgl. (Schütz & Becker, 2020), S. 28, Tabelle 15.

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 ...



Deponiekasse 0:

Mineralische Abfälle (z.B. unbelasteter Erdaushub)

Restvolumen: 234.000 m³

genehmigt: 1.809.000 m³



Deponiekasse 1:

(Mäßig belasteter Erdaushub oder Bauschutt)

Restvolumen: 504.000 m³

genehmigt: 1.800.000 m³



Deponiekasse 2:

(Regeldeponie für vorbehandelten Haushmüll)

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 Deponeiekapazitäten 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:
 - zusätzlich genehmigt: 234.000 Kubikmeter
 - 1.809.000 Kubikmeter]} 2.043.000 m³
- Restvolumen DK1:
 - zusätzlich genehmigt: 504.000 Kubikmeter
 - 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 Deponeiekapazitäten für einen Zeitraum von 12,75 Jahren ab dem Basisjahr

Entsorgungsnotstand für Bauschutt und Erdaushub

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

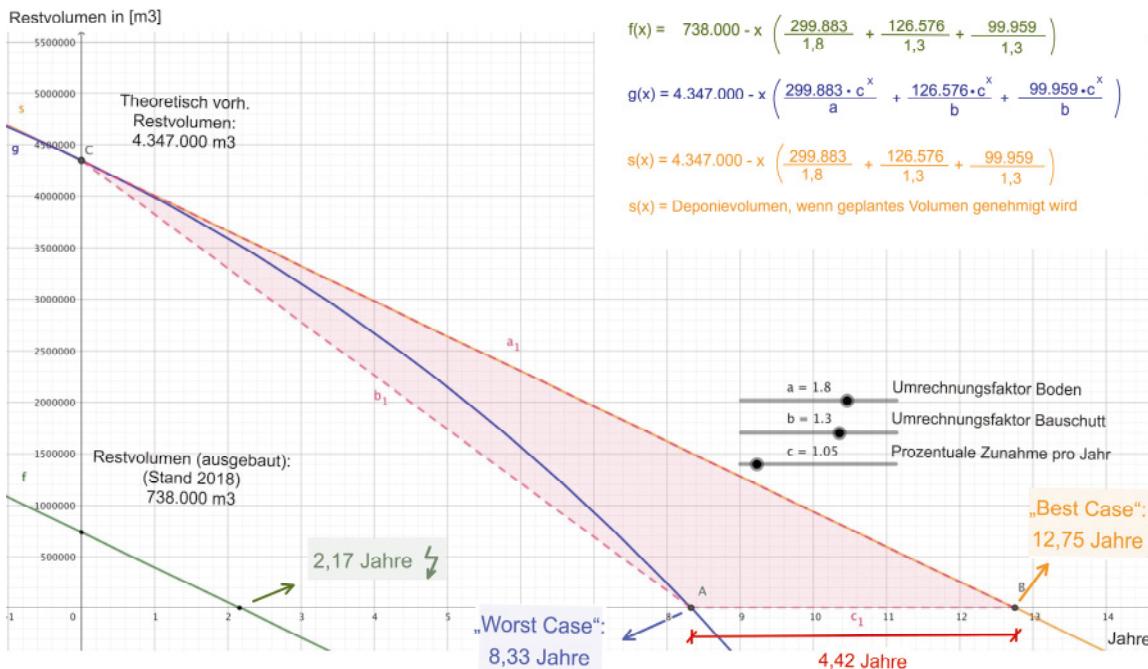


Abbildung 35 Langzeitsimulation Sachsen [Eigene Berechnung mit GeoGebra (CAS), 24.05.24]

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 Entsorgungsengpass 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 Deponiekasse 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 Deponiekasse 1 zeigt sich im Basisszenario, bei Berücksichtigung der bereits genehmigten Deponieneuerrichtungen, eine verbleibende Betriebsdauer bis zum Jahr 2035.²⁶⁰ Jedoch prognostizieren die Autoren der Studie auch hier erhebliche Auswirkungen der Ersatzbaustoffverordnung auf die Deponiekasse DK1. Nach Ablauf der achtjährigen Übergangsfrist wird erwartet, dass der Deponiebedarf für die Deponiekasse 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 „MinRessource II“ mit erhöhter Sicherheit ein Entsorgungsnotstand für das Jahr 2030 im Freistaat Sachsen prognostizieren.

Gleichzeitig ist jedoch anzumerken, dass die Studie „MinRessource II“ für verschiedene Szenarien eine signifikante Zunahme der Abfallmenge ab dem Jahr 2019 prognostiziert.²⁶⁴ Sowohl das „Basisszenario“ der Studie „MinRessource 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.