

Diplomarbeit

Erarbeitung eines Logistikkonzeptes für
die Ausführung von Tiefbaumaßnahmen
an einem Bauvorhaben der
STRABAG Rail GmbH

vorgelegt am: 17.08.2022

von: Schwarz, Anne
01623 Lommatzsch
Scheerau 21

Studiengang: Bauingenieurwesen

Studienrichtung: Tiefbau

Seminargruppe: TB 19 -1

Matrikelnummer: S4003608

Praxispartner: STRABAG Rail GmbH
01705 Freital
Dresdner Str. 21

Gutachter: Prof. Dr. Dipl. Ing. Peter Rott
Dipl. Ing. Romuald Bortlik (STRABAG Rail GmbH)

Themenblatt Diplomarbeit

Studiengang Bauingenieurwesen
Studienrichtung Straßen-, Ingenieur- und Tiefbau


Studentin: **Anne Schwarz**
Matrikelnummer: **4003608**
Seminargruppe: **4TB19-1**

Thema der Diplomarbeit

Erarbeitung eines Logistikkonzeptes für die Ausführung von Tiefbaumaßnahmen an einem Bauvorhaben der STRABAG Rail GmbH

Gutachter/ Betreuer: **Diplom Ingenieur Romuald Bortlik**
Gutachter (Studienakademie): **Prof. Dr. Peter Rott**

Ausgabe des Themas: **25.05.2022**
Abgabe der Arbeit an den SG am: **17.08.2022, bis 14:00:00**



Prof. Ingolf Tiator
Vorsitzender des Prüfungsausschusses
Technik

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1 Einleitung	1
1.1 Vorbemerkung	1
1.2 Problemstellung und Zielstellung	2
2 Bauvorhaben „Ausbaustrecke Leipzig- Dresden“	4
2.1 Vorstellung des Bauvorhabens	4
2.2 Technologischer Ablauf	6
2.3 Bauvertragliche Leistungen und Randbedingungen	9
3 Gesetzliche Grundlagen für die Verwertung der Ausbaustoffe.....	11
4 Wirtschaftliche und ökologische Aspekte bei der Wiederverwertung ausgebauter Stoffe	15
5 Bedeutung einer präzisen Massenermittlung	18
6 Ermittlung der Mengen an Ausbaumaterialien.....	21
6.1 Schotter	21
6.2 Boden	24
6.3 Fels und Felsersatz.....	28
7 Verfügbare Lagerplätze und Lagerkapazitäten	31
8 Analyse des Logistikkonzeptes der Bauphase 1	34
8.1 Untersuchung des Konzeptes.....	34
8.2 Schlussfolgerungen aus dem Logistikkonzept.....	37
8.3 Umsetzung der Erkenntnisse.....	39
9 Erarbeitung des Logistikkonzeptes der Bauphase 2.....	42
9.1 Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen	42
9.2 Verkehrsführung	44
9.3 Erarbeitung des Massenkzeptes.....	46
9.4 Darstellung des erstellten Logistikkonzeptes	51
10 Vergleich der Logistikkonzepte aus Bauphase 1 und 2	54
10.1 Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Logistikkonzepte	54

10.2	Schlussfolgerungen aus dem Vergleich.....	56
11	Maßnahmen zur Reduzierung von Planungsfehlern	59
12	Fazit	62
	Quellenverzeichnis	64
	Anlagenverzeichnis	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Ausbauabschnitt Strecke 6363.....	4
Abbildung 2	EÜ Bahnhofstraße, BP 0 (04.2021).....	7
Abbildung 3	Km 72,600 Glaubitz, Bauphase 1.....	7
Abbildung 4	EÜ Bahnhofstraße, BP 1 (06.2022).....	8
Abbildung 5	anfallende Abfallarten bei Gleisbaumaßnahmen.....	14
Abbildung 6	Querprofil für die Massenermittlung	18
Abbildung 7	Querprofil Bahnhof Weißig	25
Abbildung 8	Felsabtrag bei km 75,825.....	28
Abbildung 9	Felsbestand.....	29
Abbildung 10	LP 6.1 BV Zeithain	32
Abbildung 11	Schotterauflast bahnlinks	34
Abbildung 12	Schotterauflast bahnrechts (km 76,250).....	39
Abbildung 13	Planausschnitt LP 6.1.....	52
Abbildung 14	Lagerplatz LP 2.2, BP 1	55
Abbildung 15	Profil zur Auswertung eines Schurfes.....	59

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Berechnung Aufbereitung Felsgestein	16
Tabelle 2	Berechnung Altschotter	23
Tabelle 3	Massenberechnung Boden	27
Tabelle 4	Übersicht Lagerplätze BV ABS L - D.....	31
Tabelle 5	Unterschiede der Massen in der EP und AP	37
Tabelle 6	vorhandene Baustraßen BV Zeithain	46
Tabelle 7	Mengenermittlung Bodenauftrag	48

Abkürzungsverzeichnis

AbfG	Abfallgesetz
AN	Auftragnehmer
AG	Auftraggeber
AP	Ausführungsplanung
ARGE	Arbeitsgemeinschaft
ABS L- D	Ausbaustrecke Leipzig- Dresden
Abzw	Abzweig
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BE	Baustelleneinrichtung
Betra	Betriebs- und Bauanweisung
Bf	Bahnhof
BP	Bauphase
BV	Bauvorhaben
DB	Deutsche Bahn
DIN	Deutsches Institut für Normung
DPH	dynamic probe heavy
EP	Entwurfsplanung
EÜ	Eisenbahnüberführung
FSS	Frostschutzschicht
KG	Korngemisch
KrWG	Kreislaufwirtschaftsgesetz
LAGA M20	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Mitteilung 20
lfd	laufender Meter
LP	Lieferpunkt
LST	Leit- und Sicherungstechnik
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PSS	Planumsschutzschicht
RIL	Richtlinie

RKS	Rammkernsondierung
Sh 2	Schutzhalt 2
Sch	Schurf
Z	Zuordnungswert

1 Einleitung

1.1 Vorbemerkung

Das Eisenbahnnetz Deutschlands erstreckt sich über eine Länge von rund 38 400 km. Die Basis für den erfolgreichen Betrieb dieses Verkehrsnetzes ist ein regelmäßiger, der Nutzung angepasster Aus- und Umbau der Infrastruktur. Dadurch wird einerseits die Sicherheit des Verkehrs und andererseits die Bewältigung des Verkehrsaufkommens gewährleistet.

Die Planung eines Bahnbauprojektes fordert im Durchschnitt 20 Jahre vom Planungsbeginn bis zur Inbetriebnahme von Neu- oder Ausbauprojekten auf der Schiene. Verschiedene Faktoren sind ausschlaggebend für diese enorme Planungsdauer. Das Vorhaben wird nach Ausarbeitung einer groben Struktur vom Eisenbahnbundesamt geprüft. Zusätzlich zur Erstellung der bautechnischen Maßnahmen muss die notwendige Sperrung des Baubereiches in den Fahrplan eingearbeitet werden. Das geschieht bis zu 10 Jahre im Voraus. Mit dem Beginn der Bauausführung ist ein Großteil der Realisierungszeit bereits abgeschlossen.

Das Bauvorhaben „Ausbaustrecke Leipzig - Dresden“ ist ein Großprojekt der Deutschen Bahn. Es erfolgt ein Umbau der Strecke 6363 zwischen den Kilometern 69,707 und 79,050. Der Baubeginn der zweigleisigen elektrifizierten Strecke erfolgte im Juni des Jahres 2020. Das vertraglich vorgeschriebene Ende der Baumaßnahme ist der 12.12.2025. ¹

Der Umbau des Streckenabschnittes erfolgt halbseitig. Ein Gleis wird umgebaut, während das andere Gleis weiterhin für den Bahnverkehr freigegeben ist. Während der Bauphase 1 wurde bereits die bahnlinke Seite des Streckenabschnitts erneuert. Das rechte Gleis der Trasse wird in Bauphase 2 umgebaut. Die Gleisanlagen werden vollständig bis auf den tragfähigen Gründungshorizont des Bahnkörpers zurückgebaut. Im Anschluss wird die Anlage entsprechend der aktuell geltenden technischen Regeln erneuert.

Das ausführende Unternehmen der Baumaßnahme ist die STRABAG Rail GmbH. Als Teil des STRABAG SE- Konzerns ist das Unternehmen zuständig für die Umsetzung von Arbeiten für schlüsselfertige Eisenbahnverkehrsanlagen. Das von der STRABAG Rail GmbH abgedeckte Leistungsspektrum umfasst verschiedene Aufgabenbereiche, wie beispielsweise:

- den Bau von Gleisanlagen mit Schotteroberbau und Fester Fahrbahn
- den maschinellen Gleisumbau
- den gleisgebundenen Tiefbau

¹ (Baubeschreibung /Vorbemerkung Bauvorhaben ABS L- D 2019)

- Bahnübergänge und Bahnsteige
- den gleisbezogenen Ingenieurbau

und verschiedene Arbeiten im Bereich der Bahnlogistik sowie der Vermessung.

1.2 Problemstellung und Zielstellung

Das Großprojekt ABS Leipzig - Dresden, Abzw. Zeithain - Leckwitz, erstreckt sich über eine Länge von rund 10 km. Entsprechend des großen Volumens der anfallenden Massegüter stehen in diesem Bauvorhaben mehrere Lagermöglichkeiten zur Verfügung. Diese unterscheiden sich jeweils durch die Möglichkeiten der Zuwegung, der Fläche sowie entsprechender Lagerkapazität und Lage. Um eine reibungslose Ausführung der Tiefbaumaßnahmen zu erzielen, muss ein Massen- und Logistikkonzept erstellt werden. Dieses sichert einen koordinierten Kreislauf der Ausbaustoffe.

Das Ziel der Arbeit ist es, ein fundiertes Massen- und Logistikkonzept für dieses konkrete Bauvorhaben in Zeithain aufzustellen. Zunächst werden im Zuge der Vorbetrachtungen folgende Punkte bearbeitet:

- Die Berechnung der Abtragsmassen, gegliedert nach Art und Wiederverwertung, unter Beachtung der entsprechenden Beprobungen
- Die Betrachtung der zur Verfügung stehenden Lagerplätze sowie die Berechnung der gegebenen Lagerkapazität
- Die optimale Verteilung der Massen auf die einzelnen Lagerplätze
- und die Erarbeitung der einzelnen Zu- und Abfuhrmöglichkeiten zu den jeweiligen Lagerplätzen.

Während der Umsetzung des bestehenden Massenkonzepthes in Bauphase 1 haben sich unerwartete Mehrmengen und somit zusätzliche Arbeits- und Zeitaufwände ergeben. Durch die Auswertung der Abweichungen können Schlussfolgerungen für die Erstellung des Konzeptes der bahnrechten Seite (Bauphase 2) gezogen werden. Durch die Einarbeitung der getroffenen Erkenntnisse wird versucht, einem ähnlichen unerwarteten Überschuss entgegenzuwirken.

Mit der entsprechenden Vorplanung soll ein reguliertes Arbeiten mit den Massen ermöglicht werden. Durch kurze Umschlagwege und einen effizienten Einsatz der Baumaschinen lassen sich zusätzliche Kosten für die notwendigen Transportmittel, die Maschinen, die Kraftstoffe und das jeweilige Personal einsparen. Zudem ist eine gute Vorbetrachtung die Grundlage für eine effiziente Nutzung der Arbeitszeit. Wird beispielsweise Material, welches zur Verwertung verwendet werden kann, auf einem abgelegenen Lagerplatz zwischengelagert, können während des Umbaus zusätzliche

Transportmittel sowie Maschinen zum Umtransportieren notwendig werden. Durch eine Betrachtung der Ausbaustoffe sowie der dazugehörigen Verwertung kann die Verteilung gezielt geplant werden.

Das Konzept soll eine Übersicht der Logistik darstellen. Die für die Durchführung relevanten Informationen sollen überschaubar dargestellt werden. Das ermöglicht ein einheitliches Verständnis und trägt somit zu einem gut organisierten Arbeitsablauf bei.

2 Bauvorhaben „Ausbaustrecke Leipzig- Dresden“

2.1 Vorstellung des Bauvorhabens

Im Bauvorhaben Ausbaustrecke Leipzig- Dresden erfolgt ein Streckenausbau. Das Ziel des Großprojektes ist die Verbindung des sächsischen Wirtschaftsraumes mit den Industriezentren Westdeutschlands. Der Ausbau der Strecke ermöglicht eine Steigerung der Höchstgeschwindigkeit von $v_e = 160 \text{ km/h}$ auf $v_e = 200 \text{ km/h}$. Daraus resultieren kürzere Fahrzeiten und eine Entlastung der bestehenden Infrastruktur. ²

Der Umbau der Strecke, inbegriffen der Oberbaumaßnahmen, beginnt bei km 69,760 bahnrechts und bei km 69,707 bahnlinks (Abzweig (Abzw) Zeithain Bogendreieck). Die Gesamtlänge der Maßnahme beträgt rund 10 km und endet bei dem Streckenkilometer 79,050 (Abzw Leckwitz). Die Baustelle schließt an den bereits ausgebauten Bestand des Abschnitts zwischen den Abzweigstellen Leckwitz und Kottewitz an.



Abbildung 1 Ausbauabschnitt Strecke 6363
Bau Info Portal, BV Zeithain

Die Lage der Gleistrasse ist maßgebend für verschiedenste Kriterien der Bauausführung. Dazu zählen die Auswahl des Umbauverfahrens, Anschlüsse an das Straßennetz für Ab- und Zufuhrmöglichkeiten, Zuwegung zum Baufeld und Eingleisstellen für Zweiwegebagger oder andere gleisgebundene Baumaschinen. Zunächst erfolgt die Betrachtung des anliegenden Straßennetzes. Der Bauabschnitt liegt südöstlich von Riesa und führt durch die Gebiete der Kommunen Zeithain, Glaubitz, Nünchritz, Priestewitz und Niederau im Landkreis Meißen. Zufahrtsmöglichkeiten bestehen über die Bundesstraßen B169 und B98. Des Weiteren liegen die Moritzer Straße (Zeithain), die S88 und S40, die Poststraße (Glaubitz), die Wiesentorstraße (Nünchritz) und die Bahnhofstraße (Weißig) in unmittelbarer Nähe der Gleisanlage. Die Zuwegungen des Straßennetzes sind elementar für das Logistikkonzept. ³

² online: (BauInfoPortal 2020)

³ vgl. unveröffentlicht: (Baubeschreibung /Vorbemerkung Bauvorhaben ABS L- D 2019)

Die Höhenlage des Bahnkörpers im Bezug zum benachbarten Gelände kann verschiedene Vor- und Nachteile für die anstehenden Arbeiten verursachen. Umso größer die Höhendifferenz ist, desto schwerer kann das Baufeld von außerhalb erreicht werden. Ein Großteil der Arbeiten muss im Baufeld oder gleisgebunden ausgeführt werden. Weitere Nachteile können sich aus den an den Bahnkörper heranreichenden Bebauungen sowie natürlichen Einschränkungen wie beispielsweise Gewässer, Biotope oder Waldgebiete ergeben. Diese Bereiche schränken die Erreichbarkeit des Baufeldes ein.

Die Gleistrasse des Bauvorhabens weist unterschiedliche Höhenlagen mit einer Differenz zum Nachbargelände von bis zu 5 m auf. In den bewohnten Ortslagen ist die Höhenlage zumeist annähernd geländegleich. Vereinzelt treten geringe Höhendifferenzen um etwa 1 m auf. Ausgenommen davon ist der Bereich des Haltepunkt Nünchritz (km 74,200 bis km 75,600). Dieser Bereich weist eine ausgeprägte Dammlage auf, mit einer Höhe von etwa 5 m. In aufsteigender Kilometrierung befinden sich in den Ortslagen Zeithain, Glaubitz, Nünchritz, Zschaiten, Bf Weißig, Leckwitz und Naundörfchen Wohnbebauungen in Wohn- und Mischgebieten. Außerdem sind Kleingartenanlagen, Flächen mit schulischer Nutzung in Nünchritz und Industriegebietsflächen vorzufinden. Vereinzelt existieren Flächen mit gewerblicher Nutzung und Sondergebietsflächen mit Sporteinrichtungen.⁴

Für die Durchführung dieser komplexen Baumaßnahme ist die Zusammenarbeit verschiedener Gewerke erforderlich. Hierzu zählen insbesondere:

Leistungen des Oberbaus/ Gleistiefbaus

- Oberbau/ Tiefbau im Bf Weißig und Streckengleise; Einbau von Bauweichen
- Neubau von zwei Rangiergleisen
- Arbeiten an der Tiefenentwässerung
- Rück- und Neubau von Bahnsteigen
- Baustraßen, Zuwegungen und BE- Flächen

Leistungen des Ingenieurbaus

- Herstellung von Stütz- und Lärmschutzwänden
- Errichtung von 3 Eisenbahnüberführungen und zwei Straßenüberführungen im Zuge von Bahnübergangsbeseitigungen
- Ersatzneubau von drei Eisenbahnüberführungen und Anpassungsarbeiten an vier Eisenbahnbrücken

⁴vgl. unveröffentlicht: (Baubeschreibung /Vorbemerkung Bauvorhaben ABS L- D 2019)

Leistungen an den Personenverkehrsanlagen

- Behindertengerechter Ausbau der Bahnsteige in den Haltepunkten Glaubitz und Nünchritz

sowie

Leistungen an der Streckenausrüstung

- Umbau der Leit- und Sicherungstechnik (LST), den 50- Hz- und Telekommunikationsanlagen
- kompletter Ersatzneubau der Oberleitungsanlagen.⁵

2.2 Technologischer Ablauf

Durch die DB Netz AG werden im Bauvertrag einzelne Ausführungsfristen festgelegt. Diese sind an verschiedene Bauphasen gebunden. Der Beginn der auszuführenden Leistungen war im Vertrag für den 30.06.2020 festgesetzt. In der Bautechnologie ist der Umbau in **fünf großen Bauphasen** vorgesehen.

Die Bauphasen sowie die dazugehörigen Leistungen sind in der Anlage 1 dargestellt. In der Übersicht ist der Umbauabschnitt schematisch dargestellt. Zudem wird zu den einzelnen Bauphasen ein Zeitraum der Bauzustände angegeben. Der Umbau der Strecke wird jeweils in Rot gekennzeichnet. Die einzelnen Anmerkungen entlang der Trasse geben die Leistungen an, welche in der angegebenen Bauphase auszuführen sind.

Die *Bauphase 0* umfasst 9 Monate, in denen die vorbereitenden Maßnahmen durchzuführen sind. Dazu zählen beispielsweise das Herstellen von Baustellenzufahrten, BE- Flächen, eines Gleislängsverbaus und einer provisorischen Kabeltrasse.

In Abbildung 2 (Seite 7) ist der Baufortschritt der Eisenbahnüberführung der Bahnhofstraße in Bauphase 0 dargestellt. Zu diesem Zeitpunkt ist die Überfahrt zur BE- Fläche hergestellt. Des Weiteren wird die Lagerfläche planiert. Beide Gleise liegen in der Ausgangslage.

⁵ (Baubeschreibung /Vorbemerkung Bauvorhaben ABS L- D 2019)



Abbildung 2 EÜ Bahnhofstraße, BP 0 (04.2021)
Drohnenaufnahme, interne Unterlagen

Die Abbildung 3 ist eine Drohnenaufnahme der Bauphase 1. Diese Bauphase umfasst eine Zeitdauer von ca. 18 Monaten. In dieser Zeit findet der Umbau des linken Streckengleises statt. Es erfolgt der Ausbau des Gleisrostes, des Gleisschotter und des oberen Bereiches des Bahnkörpers. Der Abtransport und die Zwischenlagerung wird entsprechend des angefertigten Logistikkonzeptes ausgeführt. Zusätzlich finden Rück- und Neubauarbeiten an verschiedenen Ingenieurbauwerken statt. Im Bereich von km 77,000 findet der Ersatzneubau von vier Durchlässen statt.



Abbildung 3 Km 72,600 Glaubitz, Bauphase 1
Drohnenaufnahme, interne Unterlagen

In der Abbildung 3 ist zu sehen, dass das hier rechte Gleis (bahnlinks) bereits ausgebaut ist. Die Abgrenzung zum Betriebsgleis erfolgt durch die feste Absperrung. Im Anschluss wird die Gleistrasse betriebsbereit wiederhergestellt. Für zusätzliche

Rangiergleise wird eine Dammverbreiterung bei km 76,200 vorgenommen. In den Haltepunkten Nünchritz und Glaubitz werden die Außenbahnsteige gleisbezogen erneuert. Die Eisenbahnüberführungen an der Bahnhofstraße und Poststraße werden mit Beginn der Bauphase 1 umgebaut. Die folgende Abbildung ist eine Aufnahme der Bahnhofstraße nach dem aktuellen Bauzustand (06.2022). Zur Darstellung des aktuellen Baufortschritts ist die Abbildung 2 zum Vergleich zu betrachten.

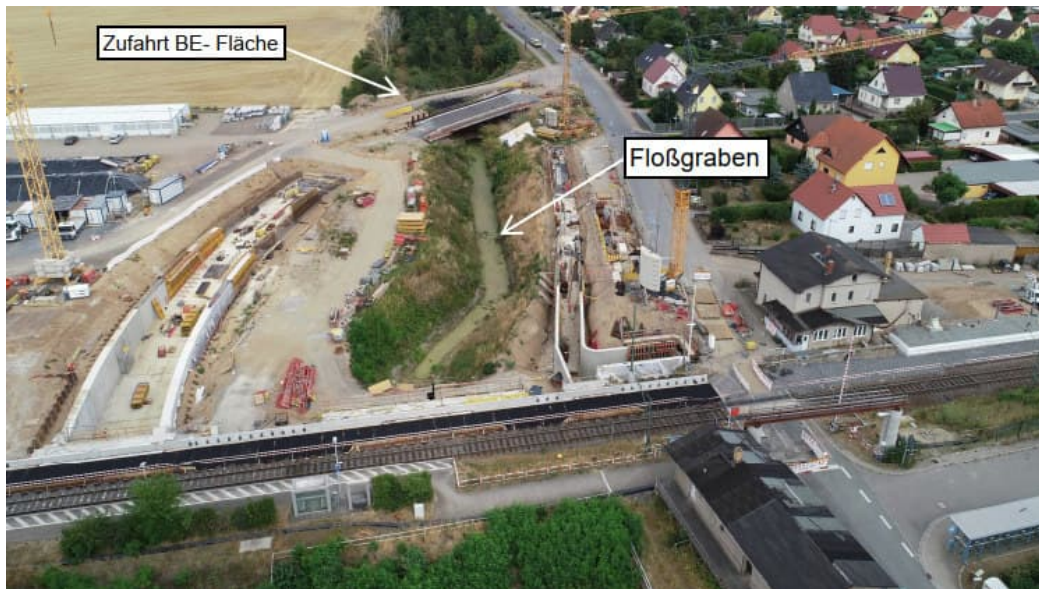


Abbildung 4 EÜ Bahnhofstraße, BP 1 (06.2022)

Drohnenaufnahme, interne Unterlagen

In der Abbildung 4 der Eisenbahnüberführung in BP 1 ist bereits die Linienführung der Unterführung zu erkennen. Teile des Ingenieurbauwerks sind bereits fertig gestellt. Die BE- Fläche ist vollständig planiert und die Container des AG sind aufgestellt.

Mit dem Übergang in die Bauphase 2.1 ist in einer Totalsperrung eine Bauweiche im Abzw Leckwitz in Betrieb zu nehmen. In dem 10 Monate langen Zeitabschnitt sind keine Arbeiten im Gleisbereich vorgesehen, da auf beiden Gleisen der Regelverkehr durchgeführt wird. Die für die Aufnahme des Regelverkehrs erforderlichen Aufwendungen umfassen bspw. Fahrdrabt- oder Gleislagekorrekturen mit gegebenenfalls erforderlichem Spannungsausgleich.

Die Bauphase 2.2 erstreckt sich über eine Dauer von 18 Monaten. In dieser Zeit wird die bahnrechte Seite der Strecke gesperrt. Der Umbau umfasst identisch zu der bahnlinken Seite den Ober- und Tiefbau. Die Ingenieurbauwerke, die in Bauphase 1 halbseitig hergestellt wurden, werden in dieser Bauphase vervollständigt. Im Haltepunkt Glaubitz und Nünchritz werden die Bahnsteige der bahnrechten Seite erneuert. Zuletzt folgen die Arbeiten der Leit- und Sicherungstechnik.

Vor dem Übergang in die Bauphase 3 findet eine Totalsperrung statt, in welcher bauzeitliche Weichen und Anbindungen rückgebaut werden. Anschließend wird das bahnrechte Gleis in Betrieb genommen. Die Eisenbahnüberführung sowie die

Fußgängerunterführung werden fertiggestellt. Zudem findet der Bau der Lärmschutzwände im Bereich von km 72,000 bis km 74,000 und km 77,000 statt. Bauphase 3.1 ist die letzte Phase des Umbaus. Es erfolgen letzte Arbeiten der LST inbegriffen den Stellwerken und an den Durchlässen.

Im Bauvertrag werden die Fertigstellung und Beräumung sowie die Übergabe der Freistellungserklärungen am 12.12.2025 durchgeführt. Der Beginn der VOB- Abnahmen ist im Bauvertrag unter § 5 für den 05.01.2026 festgelegt. Endtermin für die Fertigstellung aller vertraglichen Leistungen ist der 15.07.2027. ⁶

2.3 Bauvertragliche Leistungen und Randbedingungen

Für die Ausführung der Baumaßnahmen wurde durch die DB Netz AG die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) STRABAG Rail GmbH und Hentschke Bau beauftragt. Die Firma STRABAG Rail GmbH ist zuständig für die Durchführung der wesentlichen Tief- und Gleisbauarbeiten. Die Firma Hentschke Bau ist federführend bei dem Rück- und Neubau von Ingenieurbauwerken der Baumaßnahme. ⁷

Für die Ausführung der Arbeiten werden in den Logistikplan der DB Netz AG Betriebspausen oder Gleissperrungen eingearbeitet. Die Einarbeitung der Baustellen in die Pläne der Logistik geschieht bis zu 6 Jahre im Voraus, wodurch ein zusätzlicher Bedarf an Sperrpausen nur bedingt verwirklicht werden kann. Die durch den AG beantragten Sperrpausen beinhalten die Bauausführung durch sämtliche Gewerke der Ausschreibung und Abnahmeleistungen. Zudem ist zu beachten, dass die Sperrpausendauer nicht der Dauer des möglichen Arbeitseinsatzes entspricht. In dem Zeitfenster der Sperrpause sind die notwendigen Zeiten für die Sicherung der Baustelle, die Sperrung des Gleises sowie die An- und Abfuhr der Geräte und Baumaschinen zu berücksichtigen. In der Vorbemerkung wird zur Planung der Arbeitszeit empfohlen eine Stunde zu Beginn und am Ende der Sperrpause einzurechnen. Die gegebenen Sperrpausen und deren Dauer sind der Betriebs- und Bauanweisung (Beta) zu entnehmen. ⁸

Auf Grundlage des Arbeitens im Anschluss zu einem befahrenen Gleis werden verschiedenste Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Alle Arbeiten, die im und am Gefahrenbereich des Gleises anfallen, dürfen nur unter dem Schutz der Sicherungsmaßnahmen zur Sicherung gegen Gefahren aus dem Eisenbahnbetrieb durchgeführt werden. Vor Beginn der Arbeiten sind die im Sicherheitsplan vorgegebenen Maßnahmen auszuführen. Zum Abgrenzen unbefahrener Gleise und zur Abriegelung gesperrter Gleise werden Sh2- Scheiben sowie Weichenschlösser zu

⁶ vgl. unveröffentlicht: (Bauvertrag ABS L- D 2020)

⁷ vgl. veröffentlicht: (Baubeschreibung /Vorbemerkung Bauvorhaben ABS L- D 2019)

⁸ (Bahnbaun und Bahninfrastruktur 2017)

Beginn der Sperrpause vom AN aufgestellt und zum Sperrpausenende wieder entfernt. Dies geschieht in Zusammenarbeit mit dem Technisch Berechtigten. Der AG vergibt die Sicherungsleistungen an ein Bewachungsunternehmen. Während des einseitigen Umbaus der Gleistrasse findet eine Abgrenzung der Baustelle zum Betriebsgleis durch eine feste Absperrung statt. Sind Arbeiten im Gefahrenbereich des Betriebsgleises durchzuführen oder wird dieses überquert, ist eine zusätzliche Sicherung durch Sicherungsposten anzuwenden.⁹

Durch die verschiedenen am Bauvorhaben beteiligten Unternehmen sind ebenfalls bei der Flächennutzung Kriterien zu beachten. Die BE- Flächen und Baustraßen werden neben den Unternehmen der ARGE von anderen Unternehmen (Siemens, Versorgungsunternehmen Medien Dritter) benutzt. Die unbefestigten Wege und Vegetationsflächen, die als Baustraßen und Baustelleneinrichtungsflächen genutzt werden, sind durch den AN entsprechend den zu erwartenden Belastungen aller an der Baudurchführung Beteiligten auszubauen. Dazu sind die in der Beschreibung gegebenen Mindestmaße einzuhalten.

Für die Organisation der Baustellenlogistik hat der AN Abstimmungen mit den beteiligten Firmen auf der Baustelle rechtzeitig zu führen damit keine Behinderungen der Ver- und Entsorgung seiner Baustelle auftreten.¹⁰

⁹ vgl. unveröffentlicht: (Besondere Vertragsbedigungen)

¹⁰ vgl. unveröffentlicht: (Baubeschreibung /Vorbemerkung Bauvorhaben ABS L- D 2019)

3 Gesetzliche Grundlagen für die Verwertung der Ausbaustoffe

Für die Verwertung von Böden existieren verschiedene Gesetze, Normen, Richtlinien und Verordnungen. Unter Einhaltung dieser kann der entnommene Boden wiederverwendet werden. Die Verwertung bringt sowohl wirtschaftliche als auch umwelttechnische Vorteile mit sich. Grundlage für die weitere Verarbeitung ist die Qualität des vorliegenden Aushubs und die vorgesehene Verwendung. Als Grundsatz gilt:

„Bei der Verwertung, der erneuten Verwertung oder der weiteren Behandlung und/ oder Ablagerung von Abfällen dürfen Beeinträchtigungen des Wohls der Allgemeinheit nicht zu erwarten sein.“¹¹

Anschließend werden die verschiedenen Gesetze und Vorschriften betrachtet, welche die Verwertung des abgetragenen Materials regeln. Folgende Regelungen werden aufgeführt:

- Bundesbodenschutzgesetz
- Kreislaufwirtschaftsgesetz
- LAGA M20
- DIN 19731- Verwertung von Bodenmaterial
- RIL

Bei der Anwendung der gesetzlichen Vorgaben ist darauf zu achten, dass die Einhaltung der Bundesgesetze in jedem Fall Vorrang hat. Die Mitteilung der LAGA, die Normen und Richtlinien geben weitere Eingrenzungen und detaillierte Angaben für den Umgang mit den Massen basierend auf den Gesetzen.

Die LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) M20 ist ein technisches Regelwerk für die schadlose Verwertung von mineralischen Abfällen und die Bewertung dieser. Das Regelwerk unterscheidet die Verwertung mineralischer Abfälle als Massegüter oder als Zuschlagsstoff bei der Herstellung von Bauprodukten. Anschließend erfolgt die Bewertung einer möglichen Wiederverwertung der auszubauenden Stoffe.¹²

Im Anschluss zu einer Beprobung eines ausgebauten Massegutes folgt die Zuordnung in die jeweilige Zuordnungsklasse. Die jeweiligen Klassen kennzeichnen die Belastungsstärke für anstehende Böden und Stoffe mit Schadstoffgehalten. Entsprechend dieser ermittelten Belastungen wird der mögliche Wiedereinbau

¹¹ (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Mitteilung 20 (LAGA M20 2003) S12

¹² (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall 1992)

beziehungsweise die Verwertung dieser Stoffe durch festgelegte Obergrenzen definierter Einbauklassen festgelegt.

Materialien der Klassifizierung:

- Z 0 sind kaum oder nicht belastet.
- Z 1.1 und Z 1.2 weisen geringe Schadstoffgehalte auf. Die Verwertung wird minimal eingeschränkt.
- Z 2 weisen Schadstoffgehalte auf. Diese Stoffe sind ausschließlich unter der Einhaltung vorgegebener Kriterien verwertbar.

Die nachfolgend beschriebenen Einbauklassen regeln die mögliche Wiederverwertung der gemäß der Zuordnungswerte Z 0 bis Z 2 klassifizierten Böden im Erd-, Verkehrswege-, Landschafts- und Deponiebau.

Die *Einbauklasse 0* stellt eine uneingeschränkte Verwertung von geeignetem Bodenmaterial in einer bodenähnlichen Anwendung dar. Es können Böden mit dem Zuordnungswert Z 0 verbaut werden. Die *Einbauklasse 1* gibt einen eingeschränkten offenen Einbau vor, der wasserdurchlässig ist. In dieser Einbauklasse wird die Verwendung von Baustoffen der Zuordnungswerte Z 1.1 und Z 1.2 vorgegeben. Die *Einbauklasse 2* umfasst einen eingeschränkten Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen, der gering oder nicht wasserdurchlässige Eigenschaften vorweist. In dieser Klasse können Abtragsmassen bis zu einer Qualität von Z 2 verbaut werden. Belastete Massengüter, die ungünstige Kornzusammensetzungen aufweisen oder kontaminiert sind und somit nicht den Zuordnungswert Z 2 erhalten können, müssen auf Deponien gelagert oder durch eine Behandlung verbessert werden. Die Deponien werden in drei Klassen gegliedert. Boden der Zuordnung bis Z 3 kann auf einer *Deponie der Klasse I* gelagert werden. Aushub mit einer Qualität bis Z 4 ist auf *Deponien der Klasse II* zu lagern. Die *Deponieklasse III* ist für die Ablagerung von Boden bis zu einem Zuordnungswert von Z 5 zulässig.¹³

In Wasserschutzgebieten existieren zusätzliche Verordnungen, die die Verwertung von mineralischen Abfällen eingrenzen und zum Teil untersagen.

Für die Sicherstellung einer schadlosen Verwertung gemäß § 5 Abs.3 KrW-/ AbfG ist eine Dokumentation des Einbaus von Abfällen anzufertigen. Die Dokumentation wird zum Beispiel bei Nachforschungen von Behörden für den Nachweis des ordnungsgerechten Verwertungsweges kontrolliert.¹⁴

Außer der LAGA enthält das Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG) weitere maßgebliche Vorschriften für die Verwertung. Das Ziel des Gesetzes ist es nachhaltig die Funktion des Bodens zu sichern oder wiederherzustellen. Zunächst sind

¹³ (LAGA- Informationsschrift Abfallarten 41 1992)

¹⁴ (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Mitteilung 20 (LAGA M20 2003))

verschiedene Begrifflichkeiten, wie z.B. Altlasten, schädliche Bodenveränderung oder Verdachtsflächen, definiert. Außerdem regelt es die Pflicht zur Gefahrenabwehr und Vorsorge, vorzunehmende Gefährdungsabschätzungen, die Untersuchungen, die Sanierung und anfallende Bußgeldstrafen bei Verstößen. §13 des BBodSchG beschreibt die Ansprüche an die Sanierungsplanung und die dazugehörigen Untersuchungen. Aufgrund eines Gutachtens und dessen Auswertung wird ein Sanierungsplan erstellt. Dieser beinhaltet die Gefährdungsabschätzung, Angaben zur bisherigen und künftigen Nutzung des Bodens, Kontrollmaßnahmen und die Dauer der Durchführung. Sind Böden nicht sanierungsbedürftig, ist der Wiedereinbau auf Grundlage des §6 BBodSchG durchführbar.^{15 16}

Die Grundlage für die Wiederverwertung von Böden wird durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) gegeben. Der Zweck des Gesetzes ist es, die Schonung natürlicher Ressourcen zu fördern und den Schutz von Mensch und Umwelt bei der Bewirtschaftung und Erzeugung von Abfällen sicherzustellen.¹⁷ Laut §7 Abs. 2 KrWG sind die Erzeuger oder Besitzer von Abfällen zur Verwertung dieser verpflichtet. Die Verwertung hat Vorrang zu deren Beseitigung.¹⁸ In dem Gesetz werden unter anderem die Vorbereitung von Abfällen, das Recycling dieser sowie sonstige Verwertungen aufgeführt.

Die DIN 19731 – „Verwertung von Bodenmaterial“ gibt Leitwege für den sachgerechten Umgang mit Bodenmaterial und Baggergut. Dadurch sollen nachteilige Einwirkungen auf den Boden, besonders beim Um- und Zwischenlagern sowie beim Einbau vermieden werden. Dazu zählen ebenso Angaben zur Vor- und Nachsorge, wie z.B. eine getrennte Lagerung, eine optimale Rückverdichtung oder Empfehlungen zur Regeneration des Bodengefüges.¹⁹

Im Zusammenhang mit der Arbeit im Verkehrsnetz der DB Netz AG müssen die Richtlinien der Deutschen Bahn eingehalten werden. Die RIL geben hierbei einheitliche bahnspezifische Vorgaben zur Ausführung innerhalb der DB Netz AG. Sie ist ein Technisches Regelwerk der Deutschen Bahn, in welchem u. a. Vorschriften für die Planung und Umsetzung verschiedener Arbeiten im Gleisbereich gegeben sind. Die RIL 880.4010- „Bautechnik, Verwertung von Altschotter“ regelt die Verwertung von Altschotter. Gleisschotter ist durch verschiedene Verunreinigungen aus dem Schienenverkehr beansprucht. Beanspruchungen sind z. B. Abriebe aus dem Rad-Schiene System, Schmiermittel (Fette, Weichenschmierung), PAK aus Tränkungsmitteln der Holzschwellen oder Betriebsstoffe (Tropfverluste bei Betankungen oder Stehzeiten). Die Verunreinigungen des Schotterbettes sind häufig

¹⁵ (Bundes- Bodenschutzgesetz (BBodSchG) 2012)

¹⁶ (Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) 2004/ 2005)

¹⁷ vgl. (Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 2020), S. 1

¹⁸ vgl. (Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) 2020), S. 11

¹⁹ (DIN 19731 - Verwertung von Bodenmaterial)

im Feinkornanteil gebunden. Durch eine Aufbereitung wird die anfallende Abfallmenge reduziert.²⁰

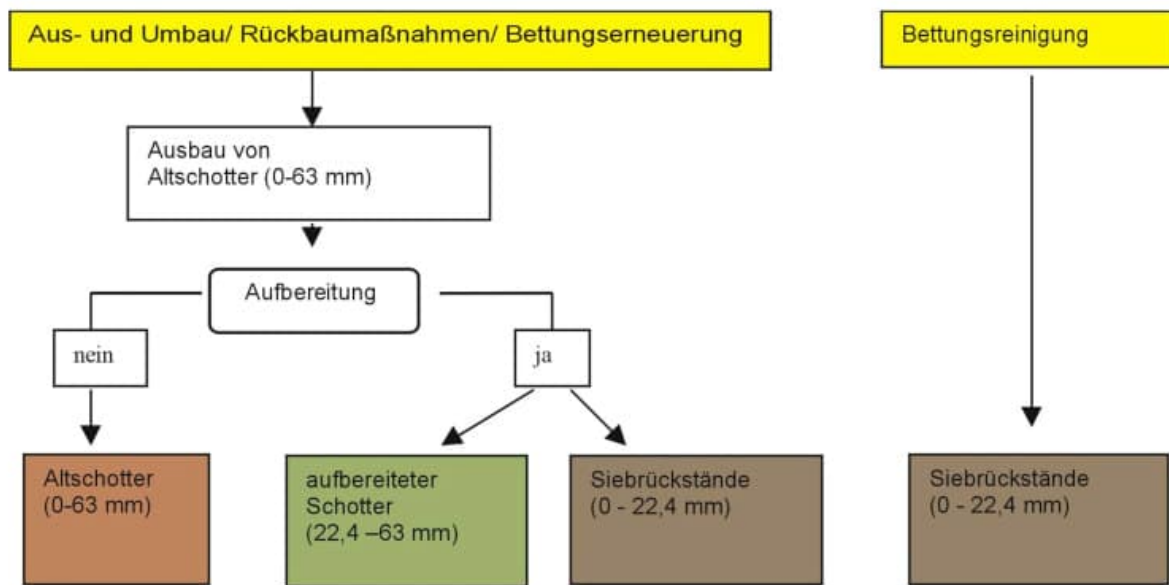


Abbildung 5 anfallende Abfallarten bei Gleisbaumaßnahmen
Auszug RIL 880.4010- „Bautechnik, Verwertung Altschotter“

Die Darstellung der RIL gibt an, bei welcher Verwertungs- / Entsorgungsmaßnahme welche Abfallarten anfallen. Kann beispielsweise durch die Kontaminierung des vorliegenden Gleisschotter keine Aufbereitung durchgeführt werden, ist die gesamte Sieblinie zur Entsorgung vorgesehen. Bei einer Bettungserneuerung wird die gesamte Menge Altschotter abgetragen und parallel dazu aufbereitet. Anschließend wird neuer Schotter eingebaut. Die Siebrückstände werden entsorgt und der aufbereitete Schotter in einer anderen Maßnahme wiederverwertet. Bei einer Bettungsreinigung, z.B. durch eine Bettungsreinigungsmaschine, wird der Schotter gleisgebunden entnommen gereinigt, aufbereitet und anschließend wieder eingebracht.

Die aufgeführten Regeln und Gesetze sind maßgebend für die Arbeit mit anfallenden kontaminierten oder auch ungefährlichen Massegütern. Abhängig von den jeweiligen Bundesländern oder der gegebenen Örtlichkeit sind gegebenen falls weitere Vorschriften zu beachten.

²⁰ (DB Netz AG 2021)

4 Wirtschaftliche und ökologische Aspekte bei der Wiederverwertung ausgebaute Stoffe

Mit etwa 240 Millionen Tonnen erzeugen die mineralischen Abfälle den größten Abfallstrom in Deutschland. Nachhaltiges und ressourceneffizientes Wirtschaften stellt eine elementare umweltpolitische Aufgabe dar. Neben den ökologischen Aspekten hat die nachhaltige Arbeitsweise ebenfalls wirtschaftliche Vorteile. Zunächst werden die ökologischen Aspekte betrachtet.²¹

Mit der Umsetzung einer Baumaßnahme fallen, je nach vorgeschriebener Leistung, unterschiedliche Abbruchmaterialien oder Ausbaustoffe wie z.B. Schotter, Asphalt, Oberboden, Beton, Fels oder ähnliches an. Durch das immer relevanter werdende Thema „Umwelt“ werden mehr neue Technologien oder Bauweisen angewandt, in denen die Wiederverwertung der Ausbaustoffe angedacht ist. Es wird auf einen geschlossenen Stoffkreislauf innerhalb der Baustelle Wert gelegt. Das wird nur ermöglicht, wenn im selben Maß Baustoffe ausgebaut werden, die zum Wiedereinbau benötigt werden. Des Weiteren müssen die geltenden Vorschriften für die Qualität und den dazugehörigen Verwendungszweck beachtet werden (siehe Punkt 3).²²

Ist ein geschlossener Kreislauf nicht umsetzbar, werden die Baustoffe, die keine Kontamination aufweisen, recycelt und somit wieder verarbeitbar gemacht. Recycelte Gesteinskörnungen werden in vielfältigen Anwendungsgebieten als hochwertige Baustoffe eingesetzt. Das ermöglicht eine längere und dazu zukunftsorientierte Nutzung. Grauwacke wird beispielsweise gebrochen und als Gleisschotter verbaut. Bei einem Umbau wird der Schotter aufbereitet, gewaschen und als Recycling- Schotter erneut verbaut. Ist der Schotter nach einem erneuten Umbau nicht mehr als Gleisschotter geeignet, kann er in gebrochener Form in verschiedenen Korngemischen beigefügt werden. Dadurch wird eine Verwendung über mehrere Jahre sichergestellt, ohne dass der Ausbau weiterer Ressourcen notwendig ist. Durch das Verwerten von Baustoffen sinkt die Nachfrage nach neuen Rohstoffen. Dadurch können natürliche Lebensräume erhalten werden. Die Energie, die für die Neuerzeugung notwendig ist, ist oft ein Vielfaches der Energie, die zur Aufbereitung erforderlich wird. Außerdem wird die Beanspruchung des knappen Deponieraumes abgemindert.^{23 24}

Durch umweltgerechte Arbeitsabläufe und kleine oder auch geschlossene Stoffkreisläufe werden Transportwege reduziert. Die Belastung von Straßen und Umwelt durch Maschinen mit großen Umschlagwegen wird verringert.²⁵

²¹ (Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) 2004/ 2005)

²² (Effektivierung des Bodenschutzes 2009)

²³ online: (Bundesvereinigung Recycling- Baustoffe e. V. 2022)

²⁴ (Abegg Andreas/ Streiff Oliver 2021)

²⁵ (Wiederverwendung belasteten Bodens 2006)

Außer den ökologischen Aspekten sprechen ebenfalls verschiedenste ökonomische Vorteile für die Verwertung von abgetragenen Massengütern. Je nach Qualität der abgetragenen Stoffe und deren erforderlicher Beschaffenheit im Hinblick auf den vorgesehenen Verwendungsfall können beispielsweise Böden ohne weitere Aufbereitung erneut verbaut werden. Das spart Kosten für den Kauf von neuem Material. Ist eine Aufbereitung für den weiteren Verwendungszweck unumgänglich, kann auch mit dieser häufig eine Kosteneinsparung gegenüber einer Neubeschaffung erzielt werden. Hierzu folgendes Beispiel aus dem Bauvorhaben Zeithain.

Im Bauvorhaben wird Fels abgetragen, der anschließend gebrochen wird und als:

- Stützkorn dem ausgebauten Bodenmaterial beigemischt wird, um die Tragfähigkeit zu erhöhen.
- Zuschlag für das Korngemisch I dient. Das KG I wird für die Herstellung der PSS verwendet und ist nur gering oder nicht wasserdurchlässig.
- Zuschlag für das Korngemisch II dient. Das KG II wird für die Herstellung der FSS verwendet und ist wasserdurchlässig.²⁶

Die Sieblinien der zwei Korngemische sind durch die Vorgaben der Deutschen Bahn fest geregelt. Sie werden in der Anlage 2 dargestellt.

Im Vergleich wird der Preis für den Neukauf einer Tonne Schotter mit den berechneten Herstellungskosten bei eigener Herstellung auf der Baustelle gegenübergestellt.

Berechnung für 18.000 t Schotter

Bezeichnung	Menge	Tonnage	EP	GB
BE	1	psch	1.500,00 €	1.500,00 €
Auf- und Abbau	2	Stck	295,00 €	590,00 €
Brecher	27	d	650,00 €	17.550,00 €
AK	360	h	40,00 €	14.400,00 €
Diesel	7.000	l	1,25 €	8.750,00 €
Radlader groß	27	d	280,00 €	7.560,00 €
Mobilbagger (BMTI)	27	d	285,00 €	7.695,00 €
			58.045,00 €	

Neubaumaterial:
Ø 17 €/t

» 3,22 €/t

Tabelle 1 Berechnung Aufbereitung Felsgestein
Interne Unterlagen BV Zeithain

²⁶ (RIL 820 - "Grundlagen des Oberbaus" 2020)

Die Berechnung umfasst die Kosten für die BE- Fläche, die Aufwendungen für den Brecher, Arbeitskräfte, notwendige Maschinen sowie für den erforderlichen Treibstoff. Der daraus berechnete Gesamtpreis wird durch die anfallende Kubatur geteilt, wodurch sich ein Preis von 3,22 € pro Tonne Schotter ergibt. Im Einkauf kann mit einem Preis pro Tonne Schotter von ca. 15- 20 € gerechnet werden. Dazu kommen die Kosten für Transport und Entsorgung. Es ist deutlich erkennbar, dass eine Neubeschaffung von Schotter in diesem Fall um ein Vielfaches teurer ist als die Aufbereitung auf der Baustelle.²⁷

Durch ein effizientes Massen- und Logistikkonzept sowie eine günstige Lage der Lagerplätze können weitere Kosten gespart werden. Es sind die Umschlagwege der Lkws zu betrachten. Kurze Umschlagwege mit einer guten Anpassung der Fahrzeiten sowie ausreichend verfügbare Maschinen erzeugen eine effiziente Nutzung der Arbeitszeit und können dadurch den notwendigen Zeitaufwand verringern.

Nicht immer können die Richtlinien des Kreislaufwirtschaftsgesetzes eingehalten werden. Entsorgungen von Massengütern sind häufig nicht vermeidbar. Für die Entsorgung von Material fallen einerseits Kosten für den Abtransport und andererseits für deren Abgabe an.²⁸

Zuletzt ist zu beachten, dass bei einem Verstoß der unter Punkt 3 genannten Gesetze zusätzlich Bußgelder anfallen können.²⁹

²⁷ vgl. unveröffentlicht: (Kostenvergleiche Fels 2022)

²⁸ (Effektivierung des Bodenschutzes 2009)

²⁹ (Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO) 2004/ 2005)

5 Bedeutung einer präzisen Massenermittlung

Bei Baustellen, die sich über einen großen Bereich erstrecken, wie z. B. dem BV in Zeithain, müssen häufig mehrere Lagerplätze zur Verfügung gestellt werden. Hauptsächlich bei Tiefbaumaßnahmen fallen oft große Mengen von Massengütern an, für welche hohe Lagerkapazitäten benötigt werden. Um eine effiziente Arbeitsweise zu ermöglichen ist die Erstellung eines Massen- und Logistikkonzeptes erforderlich.

Zunächst wird dafür eine Massenermittlung angefertigt. Die anfallenden Baustoffe werden in die einzelnen Bestandteile (Boden, Schotter, Fels & Felsersatz) gegliedert. Aus dem in den Querprofilen dargestellten Bestand lassen sich Schichtdicken entnehmen. Die Schichtdicken der Querprofile entsprechen häufig den Vorgaben der Technischen Regeln zur Zeit der Errichtung der Anlagen. Die jeweiligen Stärken der Schichten im Bestand variieren lokal. Eine Ursache dafür kann beispielsweise der Entstehungszeitraum des Bahnkörpers sein. Früher wurden häufig anliegende Bodengüter für den Bau einer Trasse verwendet. Die Vorgaben zu Schutzschichten und deren Schichtdicken sind mit den aktuellen Regelungen nicht vergleichbar. Zudem wird im Zuge der Gleislagekorrekturen, bei zum Beispiel Gleissetzungen, neuer Schotter aufgetragen und verdichtet. Das erhöht über die jahrlange Verwendung der Anlagen die Stärke der Schotterbettung. Die Distanz der jeweiligen Profile zueinander wird als Länge für die Berechnung angenommen.

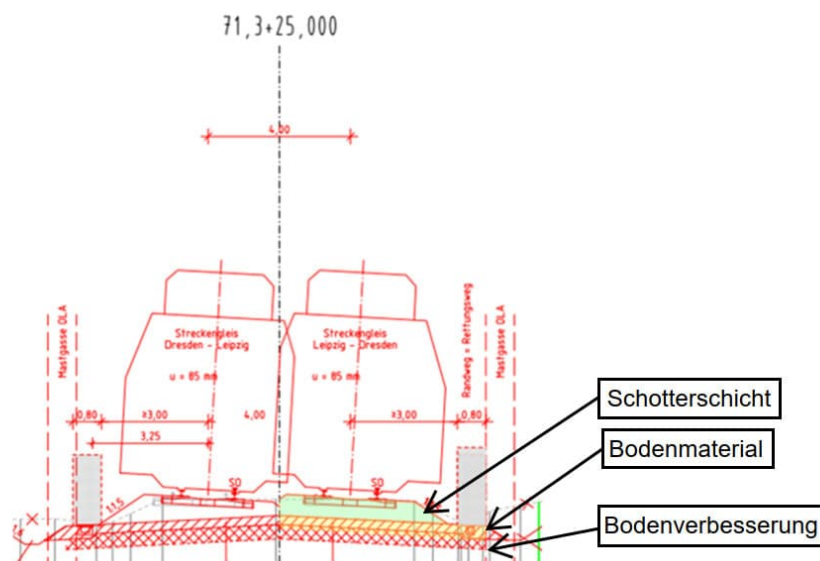


Abbildung 6 Querprofil für die Massenermittlung
Plan- Nr.: 04, interne Unterlagen

In den Querprofilen ist der Bestand durch die graue Linienführung und das Profil des neuen Gleiskörpers durch die rote Kennzeichnung erkennbar. Die rot schraffierte Fläche kennzeichnet die notwendige Bodenverbesserung mit Bindemitteln. Die gelb markierte Fläche kennzeichnet das Bodenmaterial, das entnommen wird. Die grüne Fläche zeigt die Fläche der Schottererschicht an. Auf diesen Angaben basiert die

Materialberechnung. Somit sind präzise Werte aus der im Bestand angegebenen Schichtdicke maßgebend für die Genauigkeit der berechneten Massen.

Durch das zusätzliche Beachten der Baugrunduntersuchung können bereits vorab Rückschlüsse über die Qualität des Bodens getroffen werden. Diese Erkenntnisse sind maßgebend für die weitere Verteilung und Verwertung.³⁰

Die vorab berechneten Massen sind maßgebend für verschiedene Schwerpunkte der Vorbetrachtungen:

- notwendige und vorhandene Lagerkapazitäten
- freie Lagerkapazitäten
- notwendige Maschinen
- Ausbau von Baustraßen
- Zeitaufwand
- Kommunikation mit anderen Gewerken.

Die anfallenden Masegüter müssen möglichst genau ermittelt werden. Die berechneten Massen werden auf die verschiedenen Lagerplätze verteilt. Die Lagerkapazitäten der einzelnen Lagerplätze sind weitestgehend bekannt, somit können die anfallenden Kubaturen in der Planung verteilt werden. Hier besteht die Möglichkeit freie Lagerflächen zu ermitteln, die im Verlauf des Bauvorhabens in Anspruch genommen werden können. Fallen unerwartet Mehrmengen an, kann dies zu einem Massenüberschuss führen, für den keine weiteren Lagermöglichkeiten bestehen. Das führt zu weiteren Planungsaufwendungen und Ausführungsverzögerungen. Besonders im Hinblick auf das KrWG müssen die Mehrmengen auch in der Weiterverarbeitung verplant werden.

Ebenfalls abhängig von den anfallenden Kubaturen sind die notwendigen Transportmittel und Baumaschinen, eingeschlossen die Arbeitskräfte und der somit geschätzte Arbeitsaufwand. Sind an verschiedenen Stellen Mehrmengen vorzufinden, müssen in diesen Bereichen mehr Lade- und Transportfahrzeuge eingeplant werden. Diese Möglichkeit besteht nur, wenn die Mehrmengen in den Vorbetrachtungen bekannt werden.

Parallel zur Erstellung eines Massenkonzeptes werden die möglichen Fahrwege betrachtet. Baustraßen, die durch den Abtransport dauerhaft belastet werden, benötigen eine entsprechende Standsicherheit. Andere in der Entwurfsplanung vorgesehene Baustraßen werden eventuell nicht benötigt und können somit in der Aufbereitung vernachlässigt werden. Das verringert Aufwendungen und Kosten für die Baustraßen.³¹

³⁰ (Wiederverwendung von abgetragenen, sauberem Boden in der Landwirtschaft 2009)

³¹ (Ausbau und Neubaustrecke Stuttgart- Augsburg 2008)

Es ist zu beachten, dass auf großen Bauvorhaben häufig mehrere Gewerke beteiligt sind. Treten Verzögerungen im Transport oder Änderungen im Bauablauf auf, kann das Auswirkungen auf die anderen Gewerke mit sich führen. Gibt es beispielsweise Verzögerungen beim Bodenabtrag, hat das Auswirkungen auf den Beginn der Bodenverbesserung. Das erweitert den notwendigen Planungsaufwand und kann zusätzliche Kosten verursachen.

6 Ermittlung der Mengen an Ausbaumaterialien

6.1 Schotter

Gleisschotter wird über die jahrelange Verwendung im Bahnbetrieb in verschiedenen Hinsichten beansprucht. Sowohl mechanische als auch umwelttechnische Belastungen wirken auf den Gleisschotter ein. Je nach den Vorgaben des Auftraggebers und der gegebenen Qualität, wird der Altschotter aufbereitet und als Recycling- Schotter verwendet, als Stützkorn in Böden eingebracht, gebrochen für die Verarbeitung als KG 1 oder KG 2 verwendet oder entsorgt.³²

Zunächst wird der Schotter in- situ³³ beprobt. Maßgebend für die Durchführung der Beprobung ist die RIL 880 4010. Die Probe wird aus dem Bestand entnommen. In einem Probeentnahmeplan werden unter anderem Angaben zum Standort der Entnahmestelle, die Art der Beprobung, die Entnahmeart und die Lagerung festgehalten. Es wird vorgegeben, dass je 4000 t Schotter fünf Proben je 2 kg entnommen werden. Die Kubatur entspricht ungefähr der Länge von 1 km Gleis. Daraus abgeleitet werden vor Ort alle 200 m Proben entnommen. Durch die Auswertung der Proben und die Einstufung in die jeweiligen Zuordnungswerte der LAGA M20 kann eine genaue Bestimmung für die Weiterverwendung getroffen werden.³⁴

Die Ergebnisse der Beprobung werden in einem Zerrplan grafisch dargestellt. Im Zerrplan sind die Gleise schematisch dargestellt. Die Längenrelationen der einzelnen Abschnitte sind im entsprechenden Verhältnis dargestellt. Das ermöglicht eine übersichtliche Darstellungsart. In der Anlage 3 ist der erstellte Zerrplan vorzufinden. In der ersten Übersicht sind die Vorbeprobungen (Punkt 1) grafisch dargestellt. Im Anschluss zu diesen wurden weitere zusätzliche Proben entnommen, um genauere Ergebnisse zu erzielen. Diese sind unter Punkt 2 „Nachbeprobungen“ abgebildet. Schotter mit einer Einstufung in die Klasse Z 0 wird in der Farbe grün dargestellt. Schotter mit Werten entsprechend Z 1.1 wird gelb und Schotter der Klasse Z 1.2 wird orange dargestellt. Rot gekennzeichnete Streckenabschnitte stellen Schotter mit einer Belastungsstufe Z 2 dar. Die einzelnen Abschnitte sind mit Kilometerangaben und den zugeordneten Haufwerken beschriftet. Gleis 2 ist das rechte Streckengleis, das in der Bauphase 2 betrachtet wird.

Im Bauvorhaben ABS L - D wird der ausgebaute Schotter, je nach seiner Qualität, zu KG 1 und KG 2 verarbeitet oder als Stützkorn im Dammmaterial verwendet. Vorrangig wird der vorzufindende Fels, Felsersatz und die Packlage als Gesteinskörnung für

³² online: (Gleisbauwelt)

³³ Beprobung in „ursprünglicher Position“, (lateinisch in situ „am Ort“)

³⁴ (RIL 880.4010 2021)

das Dammmaterial verarbeitet. Der Bedarf ist abhängig von den berechneten Auftragsmassen.³⁵

Schotter mit der Klassifikation Z 0 und Z 1 wird vorwiegend für die Herstellung von Material für die Schutzschichten verwendet, da dieser ohne weitere umwelttechnische Betrachtungen wiederverwertet werden kann. Wird Schotter der Z 2 Klassifikation zugeordnet, ist die umweltverträglichste Art der Verwertung der Einbau in hydrologisch günstigen Deckschichten. Diese Regelung entspricht den Vorgaben der LAGA M20.³⁶

Um den Umlauf mit einer entsprechenden Zwischenlagerung und dem Transport zur Sieb- und Brechanlage planen zu können, müssen die anfallenden Mengen Schotter berechnet werden. Die Mengen Altschotter lassen sich durch den Erfahrungswert von 3,50 bis 4,00 Tonnen pro lfd. Meter vereinfacht berechnen. Dieser Wert ergibt sich aus der in der RIL 820 vorgeschriebenen Mindestdicke „unter der nicht überhöhten Schiene“³⁷ von 30 cm bei einer Schwellenhöhe von 25 cm. Daraus resultiert eine Gesamthöhe des Schotterprofils von 55 cm. Im Durchschnitt kann eine Breite von 3,50 m angenommen werden. Verdichteter Schotter weist eine Dichte von 1,65 t/m³ auf. Aus diesen Werten und dem Einbezug der Differenzen in der Ausführung, lassen sich die Erfahrungswerte bestimmen.³⁸

Für die aktuelle Schotterberechnung wird der Mittelwert dieser Erfahrungswerte gebildet und für die Berechnung verwendet. Im Massenkonzert der Bauphase 1 sind erhöhte Differenzen zustande gekommen, welche durch die Berechnung mit dem Wert 3,75 t/m kompensiert werden sollen. Zusätzlich wird beachtet, dass bei der tabellarischen Berechnung der Kubaturen derselbe Streckenkilometer als Startpunkt verwendet wird wie bei dem Bodenmaterial. Das Ende des Schotterabtrags ist in der Planung bei km 79,031 festgesetzt, die Berechnung ging ursprünglich bis km 79,000. Der Fehlbetrag ist in der Tabelle ergänzt.

In folgender Tabelle sind die einzelnen Teilbereiche der Beprobungen von (km) bis (km) angegeben, die Qualität des Schotters in diesem Bereich und die Kubatur der anfallenden Schottermengen sowie der kumulierten Gesamtmenge.

Berechnung Altschotter

von (km)	bis (km)	Zuordnungswert	Kubatur Ausbau (m ³)
70,100	70,700	Z0	1363,64
70,700	70,740	Z0	90,91
70,740	71,000	Z0	590,91
71,000	71,325	Z0	738,64
71,325	71,650	Z0	738,64

³⁵ (Verwertung des Altschotters 2022)

³⁶ (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Mitteilung 20 (LAGA M20 2003)

³⁷ (RIL 820.2010 - Ausrüstungsstandard Schotteroberbau für Gleise und Weichen 1995)

³⁸ (Berechnung Schottermengen 2021)

Ermittlung der Mengen an Ausbaumaterialien

71,650	71,750	Z0	227,27
71,750	71,850	Z0	227,27
71,850	72,050	Z0	454,55
72,050	72,100	Z0	113,64
72,100	72,244	Z2	327,27
72,244	72,350	Z2	240,91
72,350	72,400	Z0	113,64
72,400	72,410	Z0	22,73
72,410	72,550	Z0	318,18
72,550	72,950	Z2	909,09
72,950	73,030	Z2	181,82
73,030	73,100	Z0	159,09
73,100	73,200	Z0	227,27
73,200	73,400	Z0	454,55
73,400	73,450	Z0	113,64
73,450	73,620	Z0	386,36
73,620	74,100	Z0	1090,91
74,100	74,240	Z0	318,18
74,240	74,430	Z0	431,82
74,430	74,630	Z0	454,55
74,630	74,725	Z0	215,91
74,725	74,800	Z2	170,45
74,800	74,820	Z2	45,45
74,820	74,935	Z2	261,36
74,935	75,000	Z2	147,73
75,000	75,050	Z2	113,64
75,050	75,160	Z2	250,00
75,160	75,200	Z2	90,91
75,200	75,340	Z2	318,18
75,340	75,480	Z2	318,18
75,480	75,610	Z2	295,45
75,610	75,675	Z0	147,73
75,675	75,825	Z0	340,91
75,825	76,000	Z0	397,73
76,000	76,055	Z0	125,00
76,055	76,170	Z0	261,36
76,170	76,300	Z0	295,45
76,300	76,575	Z0	625,00
76,575	76,730	Z2	352,27
76,730	76,915	Z2	420,45
76,915	77,080	Z2	375,00
77,080	77,140	Z2	136,36
77,140	77,410	Z1.1	613,64
77,410	77,575	Z0	375,00
77,575	77,950	Z1.1	852,27
77,950	78,260	Z0	704,55
78,260	79,000	Z0	1681,82
79,000	79,031	Z0	70,45
			Σ 20297,73

Tabelle 2 Berechnung Altschotter

Arbeitsunterlagen BV Abs L- D, interne Unterlagen

Die Berechnungen des Schotter der bahnrechten Seite ergeben eine Kubatur von 20 297,73 m³. In der Planung sowie der Ausführung wird der Schotteroberbau bereits

ab km 69,737 ausgebaut. Die fehlende Differenz von 363 m entspricht einer Kubatur von rund 825 m³. Zu der Endsumme müssen die aus der Differenz am Baustellenbeginn berechneten 825 m³ aufsummiert werden. Dadurch ergibt sich eine Gesamtmenge des Schotters von **21 122,73 m³**.³⁹

In der Tabelle sowie auch im Zerrplan lässt sich erkennen, dass Schotter mit einer schlechteren Qualität besonders in den Bereichen bei km 72,200 und 72,500 auftritt sowie von km 74,700 bis km 75,700. Des Weiteren sind Gleis 3 und die Weichenabschnitte höher belastet. Zusammengefasst ergeben sich annäherungsweise folgende Werte:

- Material der Qualität „gut“ – 13877,27 m³
- Material der Qualität „mittel“ – 1465,91 m³
- Material der Qualität „schlecht“ – 4954,55 m³.

6.2 Boden

Im Anschluss zum Rückbau der Schotterbettung wird der anliegende Boden ausgebaut. Bei bereits umgebauten Strecken sind die direkt unterlagernden Schichten überwiegend die Planumsschutzschicht und die Frostschutzschicht. Bei alten Strecken wurden derartig zertifizierte Schutzschichten nicht eingebaut. Im Bereich bis ca. 20 cm unter der Schotterbettung ist eine sogenannte Mischzone (Erdstoff mit Schotter durchsetzt) vorhanden. Anschließend folgt der Untergrund oder ein weiteres Erdbauwerk, wie das z.B. bei Aufschüttungen für Dämme der Fall ist. Als Untergrund zählt der nicht durch bautechnische Maßnahmen veränderte anstehende Boden oder Fels.⁴⁰

Die Aufschlussarbeiten zur Baugrunderkundung wurden im Zeitraum von März bis April 2013 durchgeführt. Zur Erkundung des Baugrundverhältnisses wurden insgesamt 8 Kleinrammbohrungen (RKS), 6 schwere Rammsondierungen (DPH) und 5 Schürfe (Sch) durchgeführt. Die Entnahme der gestörten Bodenproben erfolgte je lfd. Meter beziehungsweise bei Schichtwechsel. Das Gutachten gibt an, dass der Oberboden separat gelagert und behandelt werden muss. Die weiteren Ergebnisse der Beprobungen wurden im Lageplan der Trasse dargestellt. Das ermöglicht eine übersichtliche und schnelle Erfassung der lokalen Bodenverhältnisse.⁴¹

In den Anlagen 4 bis 13 sind die bearbeiteten Flächenpläne zu finden. Die Länge der dargestellten Abschnitte beträgt im Durchschnitt ca. 800 m. Durch die farbliche Markierung der Trasse wird die Qualität des Bodens dargestellt. Die farbliche Darstellung gibt keine Angaben über den Schadstoffgehalt, sondern über die

³⁹ vgl. unveröffentlicht: (Berechnungen aus der EP- Schotter (BP 2) 2022)

⁴⁰ (Bahnbaubau und Bahninfrastruktur 2017)

⁴¹ vgl. unveröffentlicht: (Baugrundgutachten BV Abs L- D 2013)

Kornzusammensetzung und ob diese im Bauvorhaben weiterverwertet werden kann oder nicht. Folgende Darstellungen werden in den Flächen- und Massenplänen angegeben:

- grüne Markierung der Gleistrasse; für die Weiterverarbeitung günstige Kornzusammensetzung
- orange Markierung der Gleistrasse; Böden, die durch die Beimengung größerer Sieblinien für die Weiterverwendung geeignet sind
- rote Markierung der Gleistrasse; Böden mit einem hohen Feinkornanteil (Schluff, Sand, Ton), für eine Weiterverarbeitung ungeeignet.

Im Text werden „grüne Böden“ mit gut, „orange Böden“ mit mittel und „rote Böden“ mit einer schlechten Qualität benannt.

Für die Berechnung des anfallenden Bodenabtrags werden die Pläne der Entwurfsplanung verwendet. Aus den Querprofilen können die gegebenen Schichtdicken ermittelt werden.

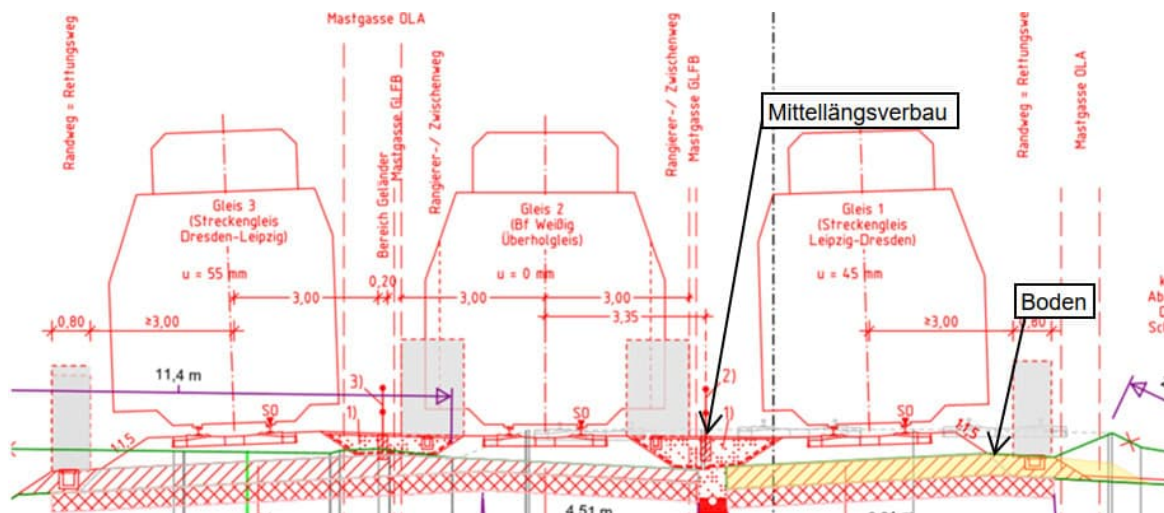


Abbildung 7 Querprofil Bahnhof Weißig
Plan- Nr.: 30, interne Unterlagen

Am Beispiel des Querprofils des Bahnhof Weißig (km 76,575) wird die Schichtdicke des Bodens dargestellt. Der Umbau der Bauphase 2 betrifft das bahnrechte Gleis. Die grauen Linien im Hintergrund stellen die Lage des Bestandes dar. Auf der bahnrechten Seite müssen zwei Gleise des Bestandes rückgebaut werden und im Anschluss erfolgt der Neubau eines Gleises. Die anfallende Menge an Bodenmaterial wird in Gelb dargestellt. In den Ausschreibungsunterlagen wird eine Ausbautiefe von ca. 20 cm angegeben. Diese weist häufig Differenzen zur tatsächlichen Gleislage auf. Als Lange wird die Distanz der einzelnen Querprofile verwendet. Zur Berechnung des Volumens

wird jeweils der Mittelwert aus zwei Querflächen gebildet. Das ermöglicht eine präzisere Ermittlung des Abtrags.⁴²

Die nachfolgende Tabelle beinhaltet die einzelnen Werte zur Berechnung des Gesamtvolumens des Bodens. Dargestellt werden die angewandten Querprofile, die einzelnen Kilometerangaben und die daraus resultierenden Längen, die Querfläche aus den Querprofilen sowie der Durchschnitt dieser und das daraus resultierende Volumen des Abschnitts.

Quelle	Gleis re				
	Kilometerstand	Länge	Querfläche	Durchschnittliche Querfläche	Volumen
	[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[m ³]
QP_km_70,1+00	70,100	0	0,00	0,00	0,00
km_70,7+00	70,100	640	0,00	0,45	288,00
QP_km_70,7+40	70,740	260	0,90	1,88	487,50
QP_km_71,0+00	71,000	325	2,85	3,08	999,38
QP_km_71,3+25	71,325	325	3,30	2,80	910,00
km_71,6+50	71,650	100	2,30	2,30	230,00
QP_km_71,7+50	71,750	100	2,30	2,30	230,00
km_71,8+50	71,850	200	2,30	3,75	750,00
km_72,0+50	72,050	50	5,20	5,20	260,00
QP_km_72,1+00	72,100	144	5,20	3,33	478,80
QP_km_72,2+44	72,244	106	1,45	1,28	135,15
QP_km_72,3+50	72,350	50	1,10	1,03	51,25
QP_km_72,4+00	72,400	10	0,95	3,35	33,50
km_72,4+10	72,410	140	5,75	5,75	805,00
QP_km_72,5+50	72,550	400	5,75	4,33	1.730,00
QP_km_72,9+50	72,950	80	2,90	1,45	116,00
QP_km_73,0+30	73,030	70	0,00	1,33	92,75
km_73,1+00	73,100	100	2,65	2,65	265,00
QP_km_73,2+00	73,200	200	2,65	2,65	530,00
km_73,4+00	73,400	50	2,65	2,10	105,00
km_73,4+50	73,450	170	1,55	1,55	263,50
QP_km_73,6+20	73,620	480	1,55	1,73	828,00
QP_km_74,1+00	74,100	140	1,90	1,60	224,00
QP_km_74,2+40	74,240	190	1,30	2,83	536,75
QP_km_74,4+30	74,430	200	4,35	2,98	595,00
QP_km_74,6+30	74,630	95	1,60	1,25	118,75
QP_km_74,7+25	74,725	75	0,90	0,90	67,50
km_74,8+00	74,800	20	0,90	2,83	56,50
km_74,8+20	74,820	115	4,75	4,75	546,25
QP_km_74,9+35	74,935	65	4,75	4,75	308,75
km_75,0+00	75,000	50	4,75	3,13	156,25
km_75,0+50	75,050	110	1,50	1,50	165,00
QP_km_75,1+60	75,160	40	1,50	2,70	108,00

⁴² (Massen Boden aus QP 2021)

Ermittlung der Mengen an Ausbaumaterialien

QP_km_75,1+60	75,160	110	1,50	1,50	165,00
km_75,2+00	75,200	40	3,90	2,70	108,00
QP_km_75,3+40	75,340	140	3,90	3,90	546,00
QP_km_75,4+80	75,480	140	1,50	2,70	378,00
QP_km_75,6+10	75,610	130	4,85	3,18	412,75
QP_km_75,6+75	75,675	65	3,95	4,40	286,00
QP_km_75,8+25	75,825	150	6,85	5,40	810,00
QP_km_76,0+00	76,000	175	4,50	5,68	993,12
QP_km_76,0+55	76,055	55	4,20	4,35	239,25
QP_km_76,1+70	76,170	115	4,20	5,88	675,62
km_76,3+00	76,300	130	7,55	7,55	981,50
QP_km_76,5+75	76,575	275	5,70	6,63	1.821,88
QP_km_76,7+30	76,730	155	3,05	4,38	678,13
QP_km_76,9+15	76,915	185	3,10	3,08	568,88
QP_km_77,0+80	77,080	165	3,10	3,05	503,25
QP_km_77,1+40	77,140	60	3,60	3,30	198,00
QP_km_77,4+10	77,410	270	3,60	3,15	850,50
QP_km_77,5+75	77,575	165	2,70	5,33	878,63
QP_km_77,9+50	77,950	375	7,95	4,55	1.706,25
QP_km_78,2+60	78,260	310	1,15	1,28	395,25
QP_km_79,0+00	79,000	740	1,40	1,45	1.073,00
Summe [m³]:					26.467,58

Tabelle 3 Massenberechnung Boden
Arbeitsunterlagen BV Abs L- D, interne Unterlagen

Das berechnete Volumen des Bodenabtrags beträgt 26 468 m³. Da der Ausbau des Bodenmaterials bis zu dem km 79,031 erfolgt, ist der Fehlbetrag der berechneten Menge hinzuzufügen. Mit dem Ansatz der zuletzt berechneten Querfläche ergibt sich ein Zuschlag von rund 45 m³. Da die Beprobungen des letzten Streckenabschnittes von mittlerer Qualität sind, ist das Material da einzuordnen. Es ergibt sich eine neue Gesamtmenge von rund **26 513 m³**.

Folgende Anteile lassen sich entsprechend ihrer Qualität ermitteln:

- Boden mit guter Qualität – 11 097,83 m³
- Boden mit mittlerer Qualität – 12 158,13 m³
- Boden mit schlechter Qualität – 3 256,63 m³.

Boden mit guter Qualität kann zu 100 % verwertet werden. Bodenabtrag mit mittlerer Qualität ist zu 50 % verwertbar. Boden mit einer schlechten Beschaffenheit ist für die Entsorgung vorgesehen. Je nach Qualität finden unterschiedliche Verwertungen oder auch Entsorgungen statt. In Bauphase zwei sind als Arbeiten mit Bodenmaterial einzelne Dammverbreiterungen geplant und Hinterfüllungen an

Eisenbahnübergängen. Vorrangig werden in den anstehenden Arbeiten die Böden mit höherer Qualität verarbeitet.⁴³

6.3 Fels und Felsersatz

Neben den aus dem Abtrag anfallenden Mengen an Schotter und Boden wird in der Ausschreibung auch Fels sowie Felsersatz angegeben. Während der Ausführung der Bauphase 1 wurde festgestellt, dass wesentliche Mehrmengen an Fels aufgetreten sind. Im Bereich des Einschnitts bei km 75,600 bis km 76,000 mussten der aus Fels bestehende Hang sowie Teile des Untergrundes abgetragen werden. Der Abtrag des Felses unter den Gleisen ist einerseits notwendig, um den nach RIL 820 vorgeschriebenen Aufbau mit den entsprechenden Mindestdicken einzuhalten und andererseits für die Aufnahme und Dämpfung der dynamischen Kräfte sowie der Gewährleistung der Gleiselastizität. Anhand eines digitalen Geländemodells wurden die tatsächlich anliegenden Felsmengen für die bahnlinke Seite ermittelt. Für die bahnrechte Seite wurde ein solches Modell nicht erstellt. Die tatsächlich abzutragenden Felsmengen werden erst mit dem Ausbau von Boden und Schotter ersichtlich.⁴⁴



Abbildung 8 Felsabtrag bei km 75,825
Baustellendokumentation, interne Unterlagen

In der Abbildung 8 ist ein Aufbruch im Planum des bahnlinken Gleises zu sehen. Die Kilometrierung ist an dem Mittellängsverbau angetragen und das rechte Gleis ist für den Bahnverkehr freigegeben. Im Bereich des Felses wurde eine Ausgleichsschicht aufgebracht. Es ist zu sehen, dass der Fels sehr nah an der Oberfläche liegt. Unter

⁴³ vgl. unveröffentlicht: (Massen Boden aus QP 2021)

⁴⁴ (Alhelm, Felsmengen 2022)

Folgende Werte entstehen als Richtwert nach dem halbseitigen Ansatz der Ausschreibungswerte:

- Fels lösen und laden – 375 m³
- Felsersatz lösen und laden – 625 m³.⁴⁷

Das Felsmaterial wird nach den Vorschriften der DIN 19698- 1 beprobt. Es wird eine zusätzliche Misch- beziehungsweise Laborprobe entnommen. Das Mindestvolumen der Probe richtet sich nach dem Größtkorn. Die Auswertung der Beprobung der bahnlinken Seite ergibt eine Einordnung des Felses, nach LAGA M20, in die Klasse Z 0. Es lässt daraus schließen, dass der Fels der bahnrechten Seite ebenfalls ohne weitere Maßnahmen verwertet werden kann.

Für die Verwertung wird der Fels gebrochen. Je nach Bedarf wird der gebrochene Fels als Stützkorn im Dammmaterial verwendet oder wird mit dem Schotter zu KG 1 und KG 2 Material verwertet.⁴⁸

⁴⁷ (Alhelm, Felsvorkommen 2022)

⁴⁸ (Wiederverwertung der Massen 2022)

7 Verfügbare Lagerplätze und Lagerkapazitäten

Im Anschluss an die Berechnung der ausgebauten Materialien folgt die Betrachtung der nutzbaren Lagerflächen. Entlang des Baufeldes sind verschiedene Plätze vorzufinden, die für die Zwischenlagerung oder Weiterverarbeitung der Massengüter vorgesehen sind. In den Anlagen 4 bis 13 befinden sich die Flächen- und Massenpläne des Bauvorhabens. Die Lagerplätze sind in diesen Plänen farblich markiert und die errechnete Lagerkapazität ist angetragen.

Die mögliche Lagerkapazität der vorhandenen Flächen wird mit Hilfe der Formel des Pyramidenstumpfes berechnet. Bei der Betrachtung des Lagerplatzes ist zunächst die mögliche Grundfläche zu ermitteln, die für die Zwischenlagerung verwendet werden kann. Sind auf dem Lagerplatz verschiedene Belegungen geplant oder führen eine Baustraße oder Umschlagwege über die gegebene Fläche, ist dies in der Berechnung zu beachten. Zudem verkehren verschiedene Baumaschinen in unterschiedlichen Größen auf den Plätzen, um die Massen zu transportieren und zu häufen. Es müssen Bereiche für den Arbeitsweg der Maschinen eingeplant werden. Unter Berücksichtigung dieser Randkriterien werden mögliche Lagerflächen bestimmt und anschließend die Lagerkapazität berechnet.

In der nachfolgenden Tabelle werden die einzelnen Lagerplätze zusammengefasst dargestellt. Des Weiteren ist der jeweilige Streckenkilometer angetragen, die Bezeichnung des Platzes im Plan und die dazugehörige Kapazität.

Nr.	Lage (km)	Bezeichnung	Lagerkapazität (m³)
1	71,125	LP 1	21 700
2	73,700	Lagerplatz Bauhof	3250
3	74,400	Lager- und Mischplatz LP3	2800
4	74,400	Lagerplatz Holzrückschnitt	4500
5	72,250	Lager- und Mischplatz LP 5	5150
6	76,350	Lager- und Mischplatz LP 6.1	27 800
7	76,600	Lagerplatz Möhrenfeld	13 000
8	78,150	Lagerplatz LP 8	4350
9	78,600	LP 9	2500

Tabelle 4 Übersicht Lagerplätze BV ABS L - D
Interne Unterlagen

Lagerplatz LP 1 befindet sich am Anfang der Baustelle bei km 71,125 auf der bahnrechten Seite. Mit einer Lagerkapazität von 21 700 m³ gehört er zu den größten Lagerflächen des Bauvorhabens. Zufahrtsmöglichkeiten sind über die anliegende Baustraße sowie durch eine Zufahrt von der S88 gegeben. Die Darstellung im Plan befindet sich in Anlage 4.

Der *Lagerplatz „Bauhof“* befindet sich bei km 73,700 auf der bahnlinken Seite im Anschluss zum Baufeld. Die vorhandene Lagerkapazität umfasst 3250 m³. Der Lagerplatz ist über die vorhandene Baustraße der bahnlinken Seite und über eine Baustraße mit der Zufahrt über die Glaubitzer Straße in Nünchritz erreichbar. Der Plan des Lagerplatz „Bauhof“ ist in Anhang 7 dargelegt.

Der *Lager- und Mischplatz LP 3* wird ab Beginn der Bauphase 2 verwendet. Der Lagerplatz befindet sich auf der bahnrechten Seite bei km 73,700. Die vorhandene Lagerkapazität umfasst 2800 m³. Die Fläche ist ausschließlich über Baustraßen erreichbar. Die nächste mögliche Straßenanbindung befindet sich bei der Wiesentorstraße. Die Darstellung im Flächenplan ist in Anlage 8 ersichtlich.

Bei km 74,400 befindet sich der *Lagerplatz „Holzrückschnitt“*. Das gegebene Lagervolumen umfasst 4500 m³. Zuwegungen über die Baustraßen der bahnlinken Seite sowie über die naheliegende Wiesentorstraße ermöglichen eine Zufahrt. Der Lagerplatz wird in Anhang 8 veranschaulicht.

Auf der bahnrechten Seite bei km 72,250 befindet sich der *Lager- und Mischplatz LP 5*. Auch dieser Lagerplatz wird erst mit dem Beginn der Bauphase 2 verwendet. Die vorhandene Lagerkapazität beträgt 5150 m³. Die Fläche ist ausschließlich über Baustraßen erreichbar. Vor dem Baubeginn muss ein Anschluss zur Straße S40 errichtet werden, um eine Zuwegung zum öffentlichen Verkehrsnetz herzustellen. Dargestellt wird dieser Lagerplatz in Anlage 9.



Abbildung 10 LP 6.1 BV Zeithain

Drohnenaufnahme (09.2020), interne Unterlagen

In der Abbildung 10 (Seite 32) ist der *Lager- und Mischplatz LP 6.1* abgebildet. Er befindet sich bei km 76,350 auf der bahnlinken Seite. Der Lagerplatz ist der größte Lagerplatz des Bauvorhabens und bietet eine Lagerfläche für das Volumen von 27 800 m³ Aushub. Die Flächennutzung des Platzes ist geteilt, da dieser über die Zulassung für die Benutzung der Brecheranlage verfügt. Andere Lagerplätze sind für diese Nutzung nicht zugelassen. Im Vorfeld des Brecheinsatzes mussten verschiedene Gutachten zu Staubbildung sowie lärmschutztechnische Betrachtungen durchgeführt werden. Durch die abgesenkte Lage des Lagerplatzes und den anschließenden Damm der Gleistrasse konnten die vorgeschriebenen Grenzwerte eingehalten werden. Die Funktion des Platzes wird aus Bauphase 1 übernommen. Auf dem Platz müssen antransportierte Materialien zum Mischen sowie zum Brechen zwischengelagert werden. Des Weiteren ist ein hoher Einsatz von verschiedenen Baumaschinen auf diesem Platz vorgesehen. Es muss somit ausreichend Fläche zum Rangieren vorhanden sein. Über die anliegenden Baustraßen der bahnlinken Seite sowie eine Zufahrt zur S40 kann eine Zuwegung ermöglicht werden. Der Lager- und Mischplatz LP 6.1 wird in Anlage 10 veranschaulicht.⁴⁹

Auf der bahnrechten Seite bei km 76,600 befindet sich der *Lagerplatz Möhrenfeld*. Die gegebene Lagerkapazität beträgt 13 000 m³. Der Lagerplatz kann über eine anliegende Baustraße der bahnrechten Seite sowie einer Zufahrt zur K8557 erreicht werden. Dargestellt wird die Fläche in Anlage 10.

Der *Lager und Mischplatz LP 8* befindet sich auf der bahnlinken Seite bei km 78,150. Das vorhandene Lagervolumen umfasst 4350 m³. Dieser Lagerplatz ist über Baustraßen an den öffentlichen Verkehrsweg „Zur Hölle“ angeschlossen. Dargestellt ist der LP 8 in der Anlage 12.

Der letzte Lagerplatz befindet sich bei km 78,600. Der *Lagerplatz LP 9* hat eine Lagerfläche für die Kubatur von 2500 m³ Aushub. Die Fläche befindet sich auf der bahnrechten Seite. Der Lagerplatz ist über die anliegende Baustraße sowie den Skassaer Weg erreichbar. LP 9 wird in Anlage 12 veranschaulicht.

Da der Umbau in Bauphase 2 auf der bahnrechten Seite stattfindet, werden bevorzugt die Lagerplätze auf dieser Seite der Gleistrasse verwendet. Material, das zum Brechen vorgesehen ist, muss zu Lagerplatz 6.1 transportiert werden. Des Weiteren sind Lagerflächen für die Massen, die zur Entsorgung vorgesehen sind, vorzuhalten.

⁴⁹ (Wiederverwertung der Massen 2022)

8 Analyse des Logistikkonzeptes der Bauphase 1

8.1 Untersuchung des Konzeptes

Durch verschiedene Veränderungen während der Bauausführung der Bauphase 1 sind mehr auszubauende Massen angefallen, als vorab ermittelt wurden. Diese Abweichungen haben während der Ausführung einen erhöhten technologisch organisatorischen Aufwand gefordert. Um diese zusätzlichen Leistungen während der Bauphase 2 zu minimieren, erfolgt vorerst eine Analyse der aufgetretenen Probleme.

Zunächst wird die Kubatur des Schotters betrachtet. Bei den Berechnungen des Schotters gemäß der Entwurfsplanung wurde ein Wert von 3,5 t/ m angenommen. Daraus ergab sich als Volumen für das gesamte Baufeld eine Menge von rund 18 879 m³. Das gesamte Material wird in Bauphase 1 gebrochen und als KG 1 oder KG 2 Material weiterverarbeitet. Anhand der beim Brechen erstellten Wiegescheine konnte eine möglichst genau Menge des tatsächlichen entnommenen Schotters ermittelt werden. Die Menge des zu brechenden Altschotters beträgt rund 26 800 m³. Damit ergibt sich gegenüber der EP eine Mehrmenge von rund 7920 m³.

Um den Ursprung dieser Differenz zu analysieren, werden zuerst die Berechnungsgrundlagen betrachtet. Die Berechnung des Schotters wurde in der Kalkulation mit der Länge des umzubauenden Erdbauwerkes gleichgesetzt. Der Ausbau des Altschotters beginnt jedoch schon bei km 69,707, der des Bodens dagegen bei km 70,100. Die Distanz dieser Kilometrierungen beträgt 393 m. Mit dem Erfahrungswert von 3,5 t/ m ergeben sich für diese Länge rund 834 m³ zusätzlicher Schotter. Zudem wird der Erfahrungswert im Allgemeinen mit 3,5 bis 4 t/ m angegeben. Die Dicke der Schotterschicht im Bestand variiert aber entlang der einzelnen Streckenabschnitte. Somit kann die aufgetretene Mehrmenge auch in einer größeren Stärke des Schotterbettes begründet sein.^{50 51}



Abbildung 11 Schotterauflast bahnlinks

Drohnenaufnahme BV Zeithain, interne Unterlagen

⁵⁰ (Berechnung Schottermengen 2021)

⁵¹ (Analyse des Logistikkonzeptes für Tiefbaumaßnahmen am Bauvorhaben ABS L - D, für die Bauphase 1 2022)

In Abbildung 11 (Seite 34) wird der Bahndamm bei km 76,250 dargestellt. Bei der mit Schotter bedeckten Böschung wurde, da keine anderen Angaben vorlagen, vorerst eine ca. 30 cm starke Dammaufschüttung angenommen. Während des Ausbaus wurde festgestellt, dass es sich bei dieser Aufschüttung um eine 3,00 m starke Schotterauflast handelt. Die Auflast dient zur Vorkonsolidierung des Baugrundes. Allerdings wurde dazu keine Angabe in den Ausschreibungsunterlagen gemacht. Die Auflast wird während des Umbaus vollständig ausgebaut und der Damm im Anschluss mit dem entsprechenden Dammmaterial hergestellt. Es wird ein Volumen von ca. 1200 m³ auf der bahnlinken Seite ausgebaut.⁵²

Als nächstes Massengut folgt der Boden. Bei der Berechnung anhand der Querprofile der Entwurfsplanung ergibt sich eine Kubatur von 47 048 m³. Während des Ausbaus sind Mehrmengen aufgetreten. Ursachen für diese sind:

- variierende Schichtdicken im Aufbau des Bestandes
- unterschiedliche Qualitäten des Baugrundes
- wechselndes Dammmaterial
- planungstechnische Änderungen.

Aus den der Ausführungsplanung entsprechenden neuen Berechnungen haben sich für den Aushub von Bodenmaterial rund 56 599 m³ ergeben. Das entspricht einer Differenz von der EP zur AP von rund 9551 m³.⁵³

Gleich dem Schotter treten auch bei dem Boden unterschiedliche Schichtdicken auf, die sich in der Zeit der Entwurfsphase nur schwer ermitteln lassen. Hinzu kommt die teilweise lokal unterschiedliche Bodenqualität. Ist bei Dammmaterial oder auch bei dem anliegenden Untergrund keine günstige Kornzusammensetzung und somit keine erforderliche Tragfähigkeit gegeben, ist das Material entweder zu verbessern oder auszutauschen. Zudem ist im Bestand eine Vermengung des groben Schotters mit dem darunter liegenden Baugrund zu verzeichnen. Diese sogenannte Mischzone entsteht durch die jahrelangen Belastungen aus dem Bahnverkehr und bildet sich zudem häufig bei fehlender Filterstabilität. Die Schicht wird mit dem Bodenmaterial ausgebaut.⁵⁴

Bei dem Ausbau des Bodenmaterials ist vereinzelt Packlage aufgetreten. Hierbei handelt es sich um größere Steine oder Felsbrocken, die als Zulage zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Untergrundes verbaut wurden. Aufgrund des nicht ausreichend tragfähigen Baugrundes ist eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln erforderlich. Die Einarbeitungstiefe beträgt 40 cm. Liegt Packlage in dieser Tiefe, muss diese ausgebaut werden. Dadurch wird mehr Bodenmaterial abgetragen. Packlage fällt in

⁵² (Schotterauflast 2022)

⁵³ vgl. unveröffentlicht: (Berechnung Massen mit Änderung AP (interne Unterlagen) 2021)

⁵⁴ (Alhelm, Mengenänderungen im BV Zeithain 2022)

dem Bereich des Haltepunktes Nünchritz und im Bereich von km 73,974 bis 74,818 an. In diesem Gebiet musste auf die gesamte Umbaubreite bis zu 40 cm mehr Boden entnommen werden. Es wurden rund 800 m³ mehr Material abgetragen aufgrund des Ausbaus.⁵⁵

Eine weitere Mehrmenge ergibt sich in der Bauphase 1 durch den Felsabtrag im Einschnittbereich bei km 75,600 bis 76,000. In der Ausschreibung wird eine Menge von 750 m³ Fels und 1250 m³ Felsersatz angegeben. Durch das Erstellen eines digitalen Geländemodells konnten die Mehrmengen genau ermittelt werden. Es ergibt sich eine Masse von 6010 m³ Fels und 1270 m³ Felsersatz.⁵⁶

Durch die erheblichen Mehrmengen der einzelnen Massengüter fand eine Überlastung der vorhandenen Lagerkapazitäten statt. Die Kubatur des Aushubs konnte nicht vollständig auf den Lagerplätzen zwischengelagert und verarbeitet werden. Somit wurden im Zuge der Bauausführung verschiedene Veränderungen am Massenkonzzept vorgenommen. Mit Beginn des Ausbaus der Massen wird damit begonnen den Schotter zu brechen. Die gebrochenen Korngrößen werden in einer Mischanlage zu den Kornzusammensetzungen der KG 1 und KG 2 verarbeitet. Durch Verzögerungen bei der Auswertung der Proben wurde der Schotter vorerst wie vorgesehen zwischengelagert. Mit dem Ausbau des Bodenmaterials wird im Anschluss an den Schotterausbau begonnen. Nach der Beprobung des Gemisches erfolgt die Freigabe des Materials als zertifiziertes Korngemisch. Anschließend wird damit begonnen das KG 1- Material ab dem Bauanfang wieder zu verbauen. Es entsteht ein Kreislauf des Schotters von den einzelnen Zwischenlagerungsplätzen beziehungsweise dem Ausbauort, zu den Sieb-, Brech- und Mischanlagen und von da aus mit einer weiteren Zwischenlagerung auf den LP 6.1 zu dem jeweiligen Einbauort. LP 4 wird zum Mischen des Dammmaterials verwendet. Das aus Fels und Packlage gebrochene Stützkorn von LP 6.1 und das Bodenmaterial werden zum LP 4 transportiert und mit Radladern vor Ort gemischt. Durch mehrere planungstechnisch notwendige Dammverbreiterungen entsteht während der Ausführung ein hoher Bedarf an Dammmaterial. Somit kann auch das Bodenmaterial und der Fels parallel zum Ausbau verarbeitet und wieder verwertet werden.^{57 58 59}

Die verschiedenen bautechnischen Vorkommnisse wie Mehrmengen oder unbekannte Untergrundverhältnisse fordern die Koordinierung der Verwertung, des Ausbaus und Wiedereinbaus. Diese Ereignisse verlangten nach einer schnellen und effektiven Problemlösung.

⁵⁵ (Massenänderungen im BV Zeithain 2022)

⁵⁶ Vgl. unveröffentlicht: (Massenberechnung Felseinschnitt BV Zeithain (interne Unterlagen) 2021)

⁵⁷ (Ließke, Wiederverwertung der Massen 2022)

⁵⁸ (Alhelm, interner Kreislauf der Massengüter 2022)

⁵⁹ (Analyse des Logistikkonzeptes für Tiefbaumaßnahmen am Bauvorhaben ABS L - D, für die Bauphase 1 2022)

8.2 Schlussfolgerungen aus dem Logistikkonzept

Durch die Analyse der in Bauphase 1 ermittelten Massen und der anschließenden Ausführung des erstellten Logistikkonzeptes konnten verschiedene Schlussfolgerungen für die Erstellung eines neuen Konzeptes gezogen werden. Unter Beachtung dieser ist es das Ziel, genauere Angaben für die Bauausführung zu ermitteln und somit zusätzliche planerische Aufwendungen zu minimieren.

Bauphase 1

<u>Entwurfsplanung</u>		<u>Ausführungsplanung</u>
18 879 m ³	Schotter	26 800 m ³
47 048 m ³	Boden	56 599 m ³
2000 m ³	Fels	7280 m ³
/	Boden mit Packlage	800 m ³

Tabelle 5 Unterschiede der Massen in der EP und AP
Zahlenvergleich, interne Unterlagen

In der Tabelle 5 werden die berechneten Werte der Entwurfsplanung den tatsächlichen Werten des Massenabtrags (Ausführungsplanung) gegenübergestellt. Diese Darstellung veranschaulicht, dass bei allen auszubauenden Materialien, Mehrmengen angefallen sind. Diese Tatsache ist durch Abweichungen zur Entwurfsplanung, z.B.:

- Felsvorkommen
- Packlage
- Schotterauflast

und vereinzelt Problematisierungen bei den getroffenen Berechnungsansätzen, z.B.:

- Schichtdicken
- Bereiche der Berechnungen
- Bestandsunterlagen

bedingt.

Bei dem Schotter wurde die Umbaugrenze fälschlicherweise identisch mit der des unterlagernden Bodens angenommen, wodurch sich eine geringe Mehrmenge ergeben hat. Je nach Distanz des Umbaubeginns zwischen Oberbau- und Tiefbauarbeiten kann diese Menge variieren. Im Bauvorhaben beginnt der Umbau von Gleis 1 und Gleis 2 an unterschiedlichen Kilometrierungen. Außerdem kann auch die angesetzte Baugrenze am Bauende für die Oberbauarbeiten von der des Tiefbaus abweichen.

Als Berechnungsgrundlage des Schotters wurde der Erfahrungswert von 3,5 t pro lfd. Meter gewählt. Je nach Aufbau der Gleistrasse kann von einem Wert zwischen 3,5 bis 4 t pro lfd. Meter ausgegangen werden. Einflüsse auf die verbaute Schottermenge haben vor allem Weichen und Bogenbereiche. In diesen Abschnitten wird im Gegensatz zum normalen Streckengleis häufig mehr Schotter verbaut. Bei einer derartig hohen Differenz zwischen den in der EP und AP ermittelten Mengen wird davon ausgegangen, dass höhere Schichtdicken im Bestand anliegen, als vorerst gedacht. Deshalb ist es empfehlenswert eine höhere Berechnungsmenge als Bemessungsgrundlage anzunehmen.

Aufgrund der Schotterauflast haben sich zusätzliche Mehrmengen im Bereich bei km 76,200 ergeben. Durch die durchgeführten Beprobungen (in der Phase des Entwurfs) wurde die Stärke dieser Auflast nicht ermittelt. Bei genaueren Untersuchungen dieser Auflast oder einer Angabe zu dieser in den Ausschreibungsunterlagen hätte die rückzubauende Menge berücksichtigt werden können. Für die bahnrechte Seite sollte dieser Aspekt berücksichtigt werden.

Auch bei dem Boden entstanden Differenzen durch unterschiedliche Schichtdicken. Für die spätere Soll- Höhe des Erdplanums muss ausreichend Boden abgetragen werden. Des Weiteren haben die verschiedenen Qualitäten des Bodens darauf Einfluss genommen, dass zusätzliche Massen abgetragen werden mussten. Diese Fehleinschätzung lässt sich den Vorbetrachtungen im Rahmen der Angebotserstellung zuordnen. Rammkernsondierungen müssen in einem bestimmten Umfang ausgeführt werden. Treten zwischen zwei Sondierungsergebnissen hohe Differenzen auf, ist es empfehlenswert in diesem Bereich weitere Beprobungen durchzuführen. Dadurch können unerwartete Baugrundverhältnisse vorab ermittelt werden. Die exakten Baugrundverhältnisse lassen sich häufig erst nach dem Abtrag der anliegenden Schichten feststellen.

Zu den Mehrmengen des Bodens gehört ebenso die Mischzone der Gleistrasse. Je nach Belastung der Strecke und des gesamten Aufbaus des Erdbauwerkes entstehen unterschiedlich ausgebildete Mischzonen. Eine Abschätzung zu der Stärke der Mischzone kann durch die Baugrundgutachten getroffen werden. Aber auch bei dieser Schicht lassen sich keine genauen Maße ermitteln, da lokale Unterschiede auftreten.

Die im Baugrund vorgefundene Packlage hätte ebenfalls im Rahmen der Ausschreibung bekannt sein können. Allerdings ist diese nur in zwei Bereichen aufgetreten, wodurch man diese auch als lokale Störung hätte deuten können. Packlage wird häufig über die gesamte Planumsbreite verbaut.⁶⁰

Durch den anstehenden Fels sind einerseits zusätzliche Leistungen bei dem Abtrag sowie auch bei dessen Lagerung und Verwertung entstanden. Die Böschung im

⁶⁰ (Alhelm, Mengenänderungen im BV Zeithain 2022)

bahnlinken Einschnittsbereich besteht vollständig aus Fels. Es wurden von dieser Seite im Rahmen der Entwurfsplanung keine Proben entnommen. Erst nach dem Entfernen des Bewuchses ist das Felsvorkommen erkennbar gewesen. Aber auch im Untergrund liegt der Felsbestand höher an als vorab angenommen. Dadurch musste mehr Fels und Felsersatz ausgebaut und verwertet werden.

8.3 Umsetzung der Erkenntnisse

Um die Planung des zu ermittelnden Massenkonzepthes der Bauphase 2 möglichst genau durchzuführen, ist es von Vorteil die in der Vorbetrachtung erlangten Erkenntnisse mit einzubeziehen. Durch eine exakte Massenermittlung kann einerseits für die Lagerung und zudem für die Verwertung und Entsorgung eine genaue Organisation erstellt werden. Aufgrund der Tatsache, dass die Gleisanlage der Strecke 6363 in einem Stück hergestellt wurde, kann davon ausgegangen werden, dass viele Erkenntnisse, die während des Umbaus des bahnlinken Gleises erlangt wurden, auf des bahnrechte Gleis übertragen werden können.

Die exakte Länge des Umbaubereiches sowohl beim Schotter als auch bei dem Boden wurde der Entwurfsplanung entnommen. Der Umbau des Schotteroberbaus beginnt bei km 69,737 und endet bei km 79,031. Der Ausbau des Bodens beginnt bei km 70,100 und endet bei km 79,031. Diese Betrachtung wurde bereits in der Massenberechnung berücksichtigt.

Da bei dem Ausbau des Schotters eine bedeutende Mehrmenge aufgetreten ist, wird angenommen, dass die im Bestand anliegende Schotterstärke größer ist als das laut RIL 820 vorgeschriebene Mindestmaß von 30 cm „unter der nicht überhöhten Schiene“⁶¹. Somit wurde bei der Berechnung des Altschotters ein Wert von 3,75 t pro lfd. Meter angenommen. Diese Annahme ist darin begründet, sich den tatsächlichen Mengen des Schotterabtrags in Bauphase 1 anzunähern.

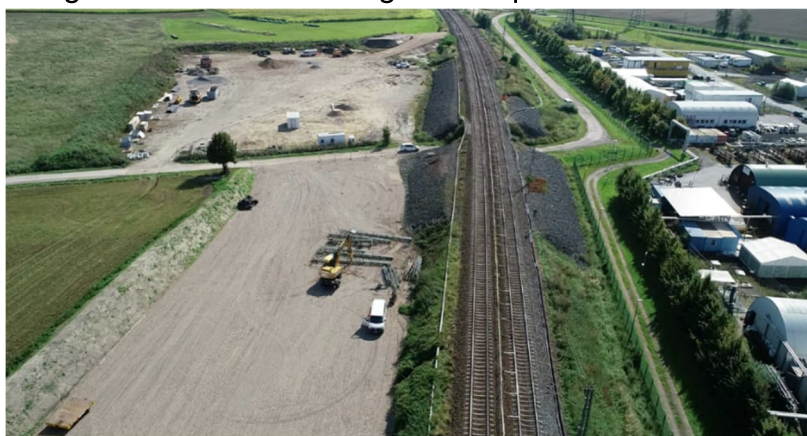


Abbildung 12 Schotterauflast bahnrechts (km 76,250)

Drohnenaufnahme, interne Unterlagen

⁶¹ (RIL 820 - "Grundlagen des Oberbaus" 2020)

In Abbildung 12 (Seite 39) ist die Schotterauflast im Bereich von km 76,250 dargestellt. Es ist zu sehen, dass diese Aufschüttung nicht nur auf der bahnlinken Seite vorzufinden ist. Auch auf der bahnrechten Seite ist eine ähnliche Anschüttung erkennbar. Diese ist allerdings kürzer als die der bahnlinken Seite. Bei der Berechnung der Auflast der bahnlinken Seite wurden 1200 m^3 Schotter ermittelt. Berechnet man die Auflast der bahnrechten Seite, ergeben sich rund 800 m^3 Schotter. Kumuliert man die berechnete Mehrmenge mit der bereits berechneten Masse von $21\,122,73 \text{ m}^3$, erhält man eine Gesamtmenge des Schotters von rund $21\,950 \text{ m}^3$.⁶²

Im Anschluss folgt die Betrachtung des Bodens. Die Qualität der Schutzschichten und des Untergrundes variieren häufig innerhalb der Gleistrasse. Das konnte einerseits aus der Analyse von EP und AP ersichtlich werden und zudem in den einzelnen Haufwerksbeprobungen. Die Massendifferenz beträgt rund 20% von der Berechnung vorab zu dem tatsächlich anfallenden Aushub. Diese Differenz entsteht durch die sich ändernden Baugrundbeschaffenheiten und durch die Mischzone. Diese Änderungen sind auch auf der bahnrechten Seite zu erwarten. Um einer ähnlich hohen Differenz entgegenzuwirken, wird eine Pauschale von 10% auf den berechneten Wert aufgeschlagen. Durch die neue Berechnung ergibt sich ein Gesamtwert von $29\,114 \text{ m}^3$. Da die Mehrmenge eine Pauschale ist, lässt diese sich keinem der einzelnen Bereiche spezifisch zuordnen. Die Masse von 2647 m^3 wird somit nur theoretisch betrachtet und wird bei der Ermittlung der freien Lagerkapazitäten abgeglichen.

Bei dem Bodenabtrag wurde das Vorkommen von Packlage festgestellt. Das betrifft den Bereich von km 73,974 bis 74,818. Es wird davon ausgegangen, dass die Packlage über die gesamte Breite der Gleistrasse verbaut wurde. Der zusätzliche Abtrag von Boden und Packlage erfolgt auf einer Tiefe von im Durchschnitt 20 cm. Die Breite des Erdbauwerks beträgt 5,15 m. Den einzelnen Bereichen des Bodenabtrags, in Anlage 7 und 8, wird der jeweils zusätzlich berechnete Aushub aufgeschlagen.⁶³

- km 73,974 – 74,100, Boden mit guter Qualität,
zusätzliches Volumen: 130 m^3 Gesamtvolumen: 1330 m^3
- km 74,100 – 74,240, Boden mit guter Qualität,
zusätzliches Volumen: 140 m^3 Gesamtvolumen: 390 m^3
- km 74,240 – 74,630, Boden mit mittlerer Qualität,
zusätzliches Volumen: 400 m^3 Gesamtvolumen: 1600 m^3
- km 74,630 – 74,818, Boden mit guter Qualität,
zusätzliches Volumen: 190 m^3 Gesamtvolumen: 1540 m^3 .

⁶² (Massenänderungen im BV Zeithain 2022)

⁶³ (Keul 2022)

Die Bereiche, in denen Packlage vorkommt, werden in dem Logistikkonzept angemerkt.

Größere Steine und Felsbrocken werden aus dem Erdmaterial gesiebt und für die Verwertung gebrochen.

Zuletzt folgt die Untersuchung des Felsvorkommens. Wie bereits unter Punkt 6.3 angemerkt, wird aufgrund des Kenntnisstandes des Felsvorkommens der bahnlinken Seite auf der bahnrechten Seite ebenfalls davon ausgegangen, dass auch unter diesem Gleis Fels anliegt. Da bisher keine genauen Angaben zu dem tatsächlich anliegenden Untergrund getroffen werden können, wird von der Hälfte der in der Ausschreibung vorgegebenen Gesamtmenge ausgegangen.⁶⁴

⁶⁴ (Alhelm, Felsvorkommen 2022)

9 Erarbeitung des Logistikkonzeptes der Bauphase 2

9.1 Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen

Im Zuge der Planung eines Projektes werden Baugrunduntersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungen werden von einem unabhängigen Sachverständigen durchgeführt. Dies basiert auf der Grundlage der DIN 4020. Die Ergebnisse der Untersuchungen schaffen dem Bauherrn Klarheit über die geologische Beschaffenheit des Untergrundes. Die Beurteilung gibt Aufschluss über folgende Kriterien:

- bodenmechanische Eigenschaften
- Tragfähigkeit des Bodens
- Wassergehalt des Bodens
- Wasserdurchlässigkeit des Bodens und
- die Frostbeständigkeit des Bodens.

Diese Angaben sind die Grundlage für weitere Planungsschritte. Durch die Berücksichtigung der Bodenkennwerte in der Planung eines Bauwerkes können Risiken in Form von Absenkungen, Rissen oder Feuchtigkeit im Bauwerk minimiert werden. Das wirkt sich auf die Kosten- und Planungssicherheit eines Bauwerkes aus. Zudem ist es maßgebend für dessen Beständigkeit.⁶⁵

Für die Untersuchung gibt es verschiedene Methoden. Die wichtigsten Untersuchungen des Baugrundes sind das Bohren, Schürfen und Sondieren. Im Bauvorhaben Ausbaustrecke Leipzig - Dresden wurden Schürfungen und Rammkernsondierungen durchgeführt.

Schürfe werden im oberflächennahen Bereich durchgeführt. Heute geschieht dies vorrangig als Baggerschurf. Sie besitzen allerdings eine begrenzte Aufschlusstiefe und sind somit nicht für jede Baugrunderkundung geeignet. Im Bauvorhaben ABS Leipzig- Dresden werden im Abstand von 100 m Schürfe durchgeführt. Sie ermöglichen einen Aufschluss bis zu einer Tiefe von 1,20 m unter dem Erdplanum. In der RIL 836 wird vorgeschrieben, dass die Mindesttiefe des Aufschlusses abhängig ist von dem abzusichernden Tragbereich. Die Tiefe variiert zwischen 1,5 bis 2,5 m unter der Schienenoberkante. Des Weiteren ist vorgegeben, dass die Schürfe in der Regel alle 100 m durchgeführt werden.⁶⁶ Die Aufschlüsse sind vorwiegend in der Gleisachse anzuordnen. Die Proben werden aus dem Schwellenfach entnommen. Schürfe vor dem Schwellenkopf werden ausgeführt, wenn die Neigung des Planums oder einer eingebauten PSS zu ermitteln ist.⁶⁷

⁶⁵ online: (Clayton Umwelt- Consult GmbH)

⁶⁶ vgl. (RIL 836- "Erdbauwerke planen, bauen, Instand halten" 2019)

⁶⁷ (Erkundung im Gleisbett 2017)

Die Rammkernsondierung ist eine Methode zur Untersuchung des Bodenaufbaus und zur Entnahme von Bodenproben. Hierbei wird eine hohle Stahlsonde mit einem Schlaggerät in den Boden gearbeitet. Die Beprobungsart fordert einen geringen Flächenbedarf. Leichte Sondierhindernisse werden zerstört oder seitlich verdrängt. Das ermöglicht die Anwendung in verschiedenen Bereichen. Die RIL 836 und die DIN 22475 enthalten Vorgaben für die Durchführung einer Rammkernsondierung. Die erforderlichen Gründungstiefen variieren vom Baufeld abhängig. Ist zum Beispiel vorab bei einem Baugrund bekannt, dass verschieden tragfähige Schichten im Untergrund anliegen, werden beispielsweise Sondierungen tiefer ausgeführt als bei homogenen Untergründen. Im Bauvorhaben ABS Leipzig- Dresden werden 3 m tiefe Sondierungen ausgeführt. Die Sondierungen werden im Abstand von 100 m angeordnet. Je nach Entnahmestelle kann das Ergebnis der RKS Auskünfte über den Schichtaufbau, die Verdichtung der einzelnen Schichten und über die Qualität des Materials bekannt geben. Werden diese Proben vor dem Schwellenkopf oder im Randbereich entnommen kann das zu Verfälschungen der Auswertung führen. Die Randbereiche stehen im Gegensatz zur Gleismitte nur gering unter dem Einfluss des Bahnverkehrs und weisen somit andere Merkmale auf als Proben aus dem Streckenkern.⁶⁸

Die ermittelte Qualität der Ausbaustoffe ist die Grundlage für das Konzept der Verwertung. Des Weiteren muss bekannt sein, welche Stoffe für den Auftrag benötigt werden. Anhand dieser Informationen wird geplant, welche Mengen verarbeitet werden, in welchen Größenordnungen ein Zukauf notwendig wird und welches Material wo zu lagern ist um die Umlaufwege kurz zu halten.⁶⁹

Bei der Erstellung des Logistikkonzeptes wurde für eine übersichtliche Ansicht die Qualität des Bodens als farbliche Darstellung im Konzept eingearbeitet. In den Anhängen 4 bis 13 ist das erstellte Logistikkonzept vorzufinden. Die farbliche Markierung entspricht der Kornzusammensetzung des Bodens. Wie bereits unter dem Punkt 6.2 erwähnt, kennzeichnet der grün markierte Bereich einen Boden mit einer für den Wiedereibau günstigen Kornzusammensetzung. Oranges Material kann durch die Beimengung größerer Gesteinskörnungen in seinen Eigenschaften verbessert werden. Die Verwertungsmöglichkeit des Materials ist begrenzt. Rot markierte Streckenabschnitte enthalten Böden, die einen hohen Feinkornanteil besitzen und somit ungünstig im Verhalten der Tragfähigkeit und Verdichtbarkeit sind. Diese Böden müssen entsorgt werden. Im Text werden diese Eigenschaften vereinfacht mit gut (grün), mittel (orange) und schlecht (rot) angegeben.

Am Streckenanfang ist ein guter Boden vorzufinden. Ab km 72,500 wechselt die Qualität des Bodens zwischen Abschnitten mit mittlerer Qualität und Abschnitten mit

⁶⁸ (DIN 22475 geotechnische Erkundung und Untersuchung 2022)

⁶⁹ (Ließke, Grundlagen zur Erstellung eines Logistikkonzeptes 2022)

guter Qualität. Ab km 76,100 bis 78,000 treten einzelne Abschnitte mit zu entsorgendem Material auf. Häufig treten derartige Belastungen des Bodens in Bereichen von Weichenabschnitten oder bei Rangier- und Abstellgleisen auf. Es kann davon ausgegangen werden, dass in diesen Bereichen geringere Geschwindigkeiten ein Auslöser für die Verschmutzung sind. Bei niedrigen Geschwindigkeiten der Züge oder Bereichen, in denen gehalten wird, gelangen Verunreinigungen in den Gleisschotter. Über die jahrelange Witterung setzen diese sich in den Bodenschichten ab.⁷⁰

Die Auswertung zur Beprobung des Schotters ist im Zerrplan in Anhang 3 dargestellt. Bei der vorgesehenen Verwertung des Schotters wird der Feinkornanteil abgesiebt. In dem Feinanteil der Sieblinie ist der Großteil des kontaminierten Materials enthalten. Dadurch kann der Schotter fast vollständig verwertet werden. Somit ist keine weitere Aufschlüsselung der Beprobungsergebnisse im Lageplan notwendig. Für die Verwertung als Stützkorn soll vorwiegend Schotter der Klassifizierung Z 0 verarbeitet werden.⁷¹

9.2 Verkehrsführung

Für die Umsetzung des erstellten Konzeptes sind zuletzt noch die logistischen Betrachtungen durchzuführen. Verschiedene Straßen und Zuwegungen dürfen aufgrund der Belastungen in Bauphase 1 nicht mehr verwendet werden. Des Weiteren sind die Baustraßen bisher nur in einem geringen Maß ausgebaut. Die Zu- und Abfuhrmöglichkeiten sind zu bewerten.

Die erforderlichen Straßensperrungen und die Umleitung des Verkehrs werden durch die Deutsche Bahn geregelt. Die Festlegungen zu den Umleitungen sowie dem Schienenersatzverkehr sind in den Unterlagen zum Bauvorhaben enthalten. Die festgelegten Umfahrungen sind in Lagepläne eingearbeitet.⁷²

Um die Massen über das öffentliche Verkehrsnetz zu anderen Lagerplätzen zu transportieren, müssen vorab verschiedene Randkriterien beachtet werden. Das sind beispielsweise:

- die Vorabprüfung der zu befahrenden Straßen, ob die Traktoren und LKWs das lichte Raumprofil einer Straßenseite befahren können
- das Abgleichen der Fahrzeughöhen mit der Höhenbegrenzung von Unterführungen oder Brücken

⁷⁰ (Bodenbelastungen aus dem Bahnverkehr 2022)

⁷¹ (Alhelm, Verwertung des Altschotters 2022)

⁷² (Verkehrsumleitungskonzeption (Anlage zur Ausschreibung) 2017)

- die Kontrolle der maximalen Belastungsbeschränkungen der zur Verwendung vorgesehenen Straßen
- eventuelles Ausdünnen von Bäumen auf den festgelegten Routen.

Zudem sind nicht alle Straßen für den Verkehr der LKWs vorgesehen. Städte und Gemeinden sollten bestmöglich umfahren werden, da durch den Transport zusätzliche Lärmbelastungen sowie Verschmutzungen der Straßen auftreten. Die Umfahrung ist aber nicht immer möglich, somit wurden während der Bauphase 1 zum Teil Straßen verwendet, deren Nutzung für diesen Transport nicht eindeutig untersagt waren. Für die Bauphase 2 sind nun 3 Straßen für den Verkehr der Transportmittel untersagt. Folgende Straßen sind für die Verkehrsführung unzulässig:

- der Milchweg in Glaubitz (Anschluss zu Bahnhofstraße)
- der Dorfring in Nünchritz
- die Poststraße (Glaubitz).

Für alle anderen Straßen ist unter Beachtung der oben genannten Kriterien keine Einschränkung vorhanden.

Vor allem bei dem Transport von Materialien der bahnrechten Seite zu Lagerplätzen auf der bahnlinken Seite ist die Nutzung der öffentlichen Verkehrswege unumgänglich. Zunächst wird dabei betrachtet, welche Eisenbahnüberführungen am nächsten zum jeweiligen Ausbauort liegen. Die nutzbaren Straßenunterführungen sind:

- bei km 70,700, B 169
- bei km 73,960, Glaubitzer Straße
- bei km 74,650, Wiesentorstraße
- bei km 75,5200, S40
- bei km 77,490, K8557
- bei km 78,060, Weg „Zur Hölle“
- bei km 79,100, Straßenunterführung > Zufahrt zur Hohen Straße/ S40.

Diese Unterführungen sind in den Flächen- und Massenplänen rot eingekreist.

Vor Allem der Schotter muss über die öffentlichen Straßen transportiert werden, da dieser vollständig auf dem Lagerplatz LP 6.1 zwischengelagert wird. Zu Lagerplatz LP 6.1 besteht eine zur Befahrung der LKWs ausreichend ausgebaute Zufahrt. Das Bodenmaterial wird vorrangig über Baustraßen transportiert, da auf kurze Umschlagwege geachtet wurde, soweit diese zweckmäßig waren. Beim Transportieren von Boden auf die Lagerplätze der bahnlinken Seite unter Verwendung der Straßenunterführung wird der öffentliche Verkehrsraum beansprucht. Auch bei dem Befördern des zu entsorgenden Bodenmaterials zum LP 1 und des Stützkorns zu den Lagerplätzen LP 3 und 5 wird der öffentliche Verkehrsweg verwendet.

Die restlichen Transporte werden häufig über Baustraßen ausgeführt. Im Bauvorhaben Zeithain besteht für die Herstellung der Baustraßen ein schlechter kalkulatorischer Ansatz. Deshalb werden die Baustraßen nur teilweise oder gar nicht ausgebaut. Beim Abtrag der Massen wird häufig auf dem Planum gefahren. Die Bahndämme werden durch die Anschüttung von Zufahrten befahrbar gemacht. Die Entscheidung über die Verwendung möglicher Baustraßen wird erst im Zuge der Ausführung festgelegt. Aktuell existieren nur wenige Baustraßen auf der bahnrechten- und bahnlinken Seite. Diese fordern für die Verwendung als Transportweg in der Bauphase 2 einen bestimmten Wartungsaufwand.

Die aktuell nutzbaren Baustraßen sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Baustraßen	
bahnlinks	bahnrechts
70,700- 71,100	69,800- 71,100
71,100- 71,500	71,100- 71,200
72,250- 72,350	72,210- 72,350
	73,350- 73,300
73,950- 74,380	
74,380- 75,400	74,380- 74,600
	76,250- 76,900
76,900- 79,000	76,900- 77,300

Tabelle 6 vorhandene Baustraßen BV Zeithain
interne Unterlagen

Die Baustraßen in der Tabelle wurden durch die Analyse der Drohnendokumentation zusammengetragen. Ein paar der notierten Wege sind erst durch die Aufbereitung als Transportweg verwendbar. Des Weiteren sind viele der Baustraßen, die relevant für das aktuelle Logistikkonzept sein könnten, noch nicht hergestellt. Es sollte in Betracht gezogen werden, weitere Baustraßen auszubauen. An verschiedenen Streckenabschnitten wird der Ausbau dieser unumgänglich sein. Zudem ist der Ausbau von Vorteil für eine effektive Abtragung und die spätere Anfahrt von neuem Material.

9.3 Erarbeitung des Massenkonzepthes

Die unter Punkt 6 berechneten Massen müssen auf die gegebenen Lagerplätze verteilt werden. Durch die Verteilung des Materials wird ersichtlich, welche Lagerplätze freie Kapazitäten aufweisen und in welchem Umfang der Transport und Ausbau der Massengüter angesetzt werden müssen. Die unter Punkt 8.2 erarbeiteten

Schlussfolgerungen wurden bereits in die Vorbetrachtungen einbezogen. Zusätzliche Abtragsmassen können unabhängig von dieser Planung während der Ausführung auftreten.

Die Grundlage für die angehende Massenverteilung ist der jeweilige Verwendungszweck der ausgebauten Massengüter. Zudem ist zu beachten, dass Lagerflächen auf der bahnlinken Seite der Gleistrasse häufig nur über große Umschlagwege erreichbar sind. Die Länge des Transportweges zu diesen Lagerflächen ist abhängig von den vorhandenen und während der Bauphase passierbaren Straßenunterführungen.⁷³

Zunächst wird die Massenverteilung des Schotters betrachtet. Der ausgebaute Schotter wird gebrochen und als Zuschlag zu den Korngemischen in den einzubauenden Schutzschichten verarbeitet. Für die Frostschutzschicht wird das KG 2 verwendet und für die Planumsschutzschicht das KG 1. Je nach der vorgegebenen Sieblinie der RIL 836 (Anlage 2) wird Sand zugekauft und dem gebrochenen Material beigemengt. Durch die aus Bauphase 1 erlangte Erfahrung wird jeweils nur eine bestimmte Menge Schotter gebrochen. Ist diese erreicht, wird die dazugehörige Menge an Sand auf Abruf bestellt. Das Material wird gemischt und im Anschluss abtransportiert. Dadurch werden keine zusätzlichen Flächen für die Zwischenlagerung von Sand benötigt.^{74 75}

Aufgrund dessen, dass der gesamte Altschotter gebrochen wird, soll die Kubatur von rund 21 200 m³ Altschotter auf dem Lagerplatz LP 6.1 zwischengelagert werden. Wie bereits unter Punkt 7 erwähnt, verfügt ausschließlich dieser Lagerplatz über die Genehmigung zur Verwendung der Brechanlage. Somit kommt für diese Verwendung keine andere Lagerfläche in Betracht. Die Kubatur der Schotterauflast wird hier außer Acht gelassen, da ein Teil des Schotters voraussichtlich als Stützkorn verwendet wird und somit auf den freien Flächen des LP 3 und 5 gelagert wird.

Die zur Herstellung von PSS Material benötigten Flächen sind schematisch in dem Lageplan dargestellt. Die Gesamtmenge des Schotters wird auf dem Lagerplatz in zwei Haufwerke geteilt. Schotter der Klassifikation Z 0 und Z 1 werden getrennt von Schotter der Einstufung Z 2. Zudem ist die notwendige Fläche für die Brech- und Siebanlage maßstäblich im Plan veranschaulicht. In unmittelbarer Nachbarschaft zu der Anlage soll der gebrochene Schotter gelagert werden. Vorerst wurde dafür eine Fläche angenommen, die die Lagerkapazität für 5500 m³ bietet. Der Lagerplatz verfügt über ausreichend Platz für die Erweiterung dieses Bereiches. Für die Zwischenlagerung von Fels, Felsersatz und Packlage wird vorerst eine Fläche von

⁷³ (Ließke, Wiederverwertung der Massen 2022)

⁷⁴ (RIL 836- "Erdbauwerke planen, bauen, Instand halten" 2019)

⁷⁵ (Herstellung KG 1 und KG 2 Material 2022)

1300 m³ beansprucht. Auch diese kann bei Bedarf erweitert werden. Der vollständige Flächen- und Massenplan befindet sich in Anlage 10.

Um derartig viele Massen auf dem Lagerplatz weiterverarbeiten zu können, werden mehrere Baumaschinen verwendet. Bei der Verteilung der einzelnen Flächen wurde auf ausreichend Platz für Rangier-, Abstell- und Wartungsmöglichkeiten geachtet. Während der Bauausführung der Bauphase 1 wurden auf diesem Platz mehrere Radlader (1x 972M mit 4,2 m³ Mulde, mehrere kleinere Cat 59) und Bagger (Mobil- und Kettenbagger 36 t) verwendet, um die Kubaturen aufzuschütten, zu verladen und zu verteilen. Das wird in der Bauphase 2 ebenfalls angenommen. In der Darstellung wurde ausreichend Fläche für diese Funktionen eingeplant.

Bei der Betrachtung der Verwertungsmöglichkeiten des Bodenmaterials, wird die Dammverbreiterung in Anbetracht gezogen. Zunächst muss dafür Anhand der Querprofile ermittelt werden, in welchen Bereichen welche Kubatur benötigt wird. Die Berechnung der Auftragsmassen erfolgt identisch zur Berechnung des Bodenmaterials.

Planung						
	Quelle	Gleis re				
		Kilometerstand	Länge	Querfläche	Durchschnittliche Querfläche	Volumen
		[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[m ³]
332021	QP_km_70,1+00	70,100		0,00	0,00	0,00
332036	QP_km_74,2+40	74,240	140	0,00	0,00	0,00
332037	QP_km_74,4+30	74,430	190	4,10	2,05	389,50
332038	QP_km_74,6+30	74,630	200	0,00	2,05	410,00
332039	QP_km_74,7+25	74,725	95	1,40	0,70	66,50
LP	km_74,8+00	74,800	75	1,40	1,40	105,00
LP	km_74,8+20	74,820	20	1,40	4,15	83,00
332040	QP_km_74,9+35	74,935	115	6,90	6,90	793,50
LP	km_75,0+00	75,000	65	6,90	6,90	448,50
LP	km_75,0+50	75,050	50	2,30	4,60	230,00
332041	QP_km_75,1+60	75,160	110	2,30	2,30	253,00
LP	km_75,2+00	75,200	40	5,85	4,08	163,00
332042	QP_km_75,3+40	75,340	140	5,85	5,85	819,00
332043	QP_km_75,4+80	75,480	140	2,40	4,13	577,50
			130		1,20	156,00
332044	QP_km_75,6+10	75,610	65	0,00	0,00	0,00
332048	QP_km_76,0+55	76,055	55	0,00	0,00	0,00
332049	QP_km_76,1+70	76,170	115	5,00	2,50	287,50
LP	km_76,3+00	76,300	130	5,00	2,50	325,00
			275	0,00	0,00	0,00
332060	QP_km_79,0+00	79,000	740	0,00	0,00	0,00
	Summe [m³]:					5.107,00

Tabelle 7 Mengenermittlung Bodenauftrag
Bodenauftrag, interne Unterlagen

In Tabelle 7 wird ein Auszug der Berechnung des Bodenauftrags dargestellt. Die Tabelle beinhaltet ausschließlich die Auszüge der Bereiche, in welchen Material in der

Bauphase 2 aufgetragen werden muss. Im Abschnitt von km 74,240 bis 75,610 findet die erste Dammverbreiterung entsprechend der Entwurfsplanung statt. Das Volumen des notwendigen Dammmaterials beträgt rund 4500 m³. Eine weitere Dammverbreiterung wird im Bereich von km 76,055 bis 76,300 durchgeführt. Die geplante Dammverbreiterung ist nur in einem kurzen Streckenabschnitt notwendig, wodurch die zu verbauende Kubatur des zweiten Bereiches wesentlich geringer ausfällt. Es werden rund 620 m³ Dammmaterial benötigt.⁷⁶

Betrachtet man die Flächen- und Massenpläne in den Anlagen 4 bis 13, lassen sich 2 Lagerplätze entnehmen, die sich in der Nähe der eben genannten Bereiche der Dammverbreiterung befinden. Diese Lagerplätze sind der LP 3 und der LP 5. Das Dammmaterial wird in einem Verhältnis von 60 (Boden) zu 40 (Stützkorn) hergestellt. Für die Herstellung des Dammmaterials wird ausschließlich Boden mit einer guten Qualität verwendet.⁷⁷

Der Lagerplatz LP 3 befindet sich bei km 74,400 und liegt somit in der Nähe des ersten Bereiches der Dammverbreiterung. Die gegebene Lagerkapazität von 2800 m³ wird ungefähr dem genannten Mischungsverhältnis angepasst. Somit ergibt sich eine Lagerkapazität für den Boden von 1700 m³ und für des Stützkorn wird eine Fläche von 1100 m³ eingeplant.

Der Lagerplatz LP 5 befindet sich bei km 75,250. Auf diesem Lagerplatz wird das restliche Material für den ersten Dammbereich und das Material für den zweiten Dammbereich hergestellt. Der Lagerplatz hat eine Kapazität für die Lagerung von 5150 m³ Dammmaterial. Auch diese Fläche wird entsprechend des Mischungsverhältnisses geteilt. Es werden 2850 m³ Boden und 2250 m³ Stützkorn zur Herstellung des Dammmaterials zwischengelagert.

Für die Herstellung beider Dammbereiche wird insgesamt eine Kubatur von 5120 m³ benötigt. Die Lager- und Mischplätze LP 3 und LP 5 werden jeweils vollständig genutzt. Somit werden rund 7900 m³ Dammmaterial hergestellt. Der Massenüberschuss beträgt 2780 m³. Die Mehrmenge wird eingeplant, damit mögliche Fehlbeträge während der Bauausführung ausgeglichen werden können. Weitere Ansprüche für die Verwendung von Dammmaterial können durch folgende Ereignisse entstehen:

- Aufschüttungen an Böschungen nach dem Abtrag von Oberboden
- zusätzliche, statisch notwendige Dammverbreiterungen
- Verfüllungen in Bereichen, in welchen bautechnisch bedingt mehr Bodenmaterial abgetragen wurde (Packlage, Fels).

⁷⁶ (Berechnung Bodenauftrag, interne Unterlagen 2022)

⁷⁷ (Ließke, Herstellung Dammmaterial 2022)

Das zur Herstellung benötigte Stützkorn wird im Zuge der Vorbereitung der Bauausführung der Bauphase 2 festgelegt. Die gebrochenen Fels- und Packlagevorkommen werden vorrangig verwendet. Allerdings ist das Volumen dieser Materialien nicht ausreichend für die Herstellung der gesamt notwendigen Kubatur. Somit wird wahrscheinlich ein Anteil des abgetragenen Schotters der Klassifizierung Z 0 beansprucht.

Die zu entsorgenden Massen an Bodenmaterial werden bevorzugt auf einem Lagerplatz zwischengelagert, der eine gute Anbindung an das öffentliche Verkehrsnetz für den Abtransport der Massen aufweist. Des Weiteren ist zu beachten, dass während der Bauausführung vorrangig Lagerplätze im mittleren Bereich des Baufeldes zusätzlich beansprucht werden. Beispiele dafür sind Abstell- und Wartungsflächen für Baumaschinen oder Plätze für Materiallagerungen. Somit ist es von Vorteil, das zu entsorgende Material vollständig auf Lagerplätzen an den Baugrenzen unterzubringen. Aus den Bereichen von:

- km 76,170 – 76,300 (1000 m³)
- km 76,730 – 76,915 (550 m³)
- km 77,575 – 77,950 (1700 m³)

wird insgesamt rund 3250 m³ zu entsorgender Boden abgetragen. Dieser wird auf dem LP 1 zwischengelagert.

Da im Zuge der Umbaumaßnahmen mehr Boden abgetragen wird, als für den Neubau notwendig ist, entsteht ein Überschuss dieses Materials. Bei der Verteilung der restlichen Abtragsmassen wird darauf geachtet, kurze Umschlagwege zu ermöglichen.

Das Bodenmaterial von km 70,700 – 72,950 wird ebenfalls auf Lagerplatz 1 zwischengelagert. Dieses Material besitzt überwiegend eine gute Qualität. Ab km 72,950 bis km 73,400 wird der Abtrag auf dem Lagerplatz Bauhof zwischengelagert. Als nächstes folgt der Lager- und Mischplatz LP 3. Da direkt im Anschluss zu diesem Lagerplatz nur Material mittlerer Qualität anliegt, wird der Boden von km 73,400 bis 74,240 auf diesen Lagerplatz transportiert. Der Boden von km 74,240 bis 74,790 wird auf dem Lagerplatz Holzrückschnitt zwischengelagert. Als nächstes folgt der Lager- und Mischplatz LP 5. Es wird Boden mit guter Qualität von km 74,790 bis 75,675 für die Weiterverarbeitung auf diesen Lagerplatz transportiert. Da der zum Lagerplatz Möhrenfeld anliegende Boden zwischen mittlerer und schlechter Qualität wechselt, werden die einzelnen Bereiche mittlerer Qualität getrennt abgetragen und auf diesem Lagerplatz zwischengelagert. Das betrifft den Boden der Bereiche km 75,675 bis 76,170; km 76,300 bis 76,730 und km 76,915 bis 77,575. Auf dem Lagerplatz LP 8 wird der anliegende Boden mit guter Qualität von km 77,950 bis 78,260 zwischengelagert. Das Material ab km 78,260 bis zum Ende der Umbaugrenze wird auf LP 9 transportiert.

9.4 Darstellung des erstellten Logistikkonzeptes

Um das Logistikkonzept übersichtlich darzustellen, wird es in die Flächen- und Massenpläne (Anlage 4 bis 13) eingearbeitet. Das ermöglicht es alle wichtigen Informationen zu:

- den Lagerplätzen und ihrer Lagerkapazität
- den auf den Lagerplätzen zwischengelagerten Materialien
- den Kubaturen der einzelnen Streckenabschnitte
- der Verwendung der Lagerflächen
- und der Qualität des Bodenmaterials

bei Bedarf möglichst schnell entnehmen zu können.

Da der Schotter vollständig auf den Lagerplatz LP 6.1 transportiert wird, ist die Angabe dieser Qualität zweitrangig. Das Material soll auf dem Lagerplatz entsprechend seiner Qualität getrennt gelagert werden. Die notwendigen Ausbaugrenzen sind dem Zerrplan (Anlage 3) bei der Bauausführung zu entnehmen.

Im Flächenplan sind die Bereiche der Baustraßen, zusätzlicher BE- Flächen und Zufahrten durch eine rote Schraffur gekennzeichnet. Zusätzlich wurden diese Bereiche beschriftet. Einzelne Details veranschaulichen die Zufahrten von Baustraßen zum öffentlichen Verkehrsraum. Weitere für das Logistikkonzept relevante Kennzeichnungen sind die Zickzacklinie, mit der der Mittellängsverbau dargestellt wird, die graue Linienführung für den Bestand und die schwarze für die Planung. Entlang der Strecke befinden sich die einzelnen Kilometrierungen in 100 m Abständen. Die nutzbaren Eisenbahnunterführungen sind in den Plänen rot eingekreist.

Wie bereits unter Punkt 6.2 erläutert, wird die Qualität des Bodens farblich in der Trasse dargestellt. An den einzelnen Abschnitten befindet sich eine Anmerkung, aus der Informationen zur Menge, dem Bereich und der Qualität des Bodenmaterials zu entnehmen sind. Zudem wird angemerkt, auf welchem Lagerplatz das jeweilige Material zwischengelagert wird. Die Anmerkungen sind farblich der Qualität der Ausbaustoffe angepasst. Die Ausbaugrenzen werden durch einen zur Trasse senkrechten roten Strich getrennt. Das ermöglicht es, die für die Ausführung notwendigen Abgrenzungen übersichtlich darzustellen.

Die einzelnen Lagerplätze sind ebenfalls mit Anmerkungen versehen. In diesen werden der Name des Platzes und die Lagerkapazitäten der einzelnen Flächen gegeben sowie die Bereiche, aus denen das zu lagernde Material stammt. Die Lagerflächen für Bodenmaterial guter und mittlerer Qualität werden in Grün dargestellt. Flächen für zu entsorgendes Material werden in Rot abgebildet und Bereiche für Stützkorn und Schotter in Blau.

Der Lagerplatz LP 1 ist entsprechend seiner Verwendung für die Zwischenlagerung von gutem und zu entsorgendem Material farblich in eine grüne und eine rote Fläche geteilt. In der Anmerkung wird die gesamte Lagerkapazität und der davon beanspruchte Teil vermerkt. In Anlage 4 wird der LP 1 dargestellt. In Anlage 7 ist der Lagerplatz Bauhof vorzufinden. Ein Detail zeigt den Anschluss zur Glaubitzer Straße. Anschließend folgt der Lager- und Mischplatz LP 3. Der zur Herstellung von Dammmaterial verwendete Platz wird in zwei Flächen geteilt. Die jeweiligen Lagerkapazitäten für Boden und Stützkorn sind angetragen. Parallel zu LP 3 befindet sich auf der bahnlinken Seite der Lagerplatz Holzrückschnitt. Beide Lagerplätze werden in der Anlage 8 veranschaulicht. In der Anlage 9 wird der Lager- und Mischplatz LP 5 dargestellt. Dieser wird ebenfalls farblich in zwei Flächen geteilt. Auch hier ist die zur Herstellung notwendige Kubatur angetragen und aus welchen Bereichen diese entnommen wird. Wie bereits unter Punkt 7 erwähnt ist hier zu erkennen, dass ein Anschluss an das öffentliche Verkehrsnetz noch nicht hergestellt wurde. Dargestellt wird das durch die Kreuze entlang dieser Baustraßen.

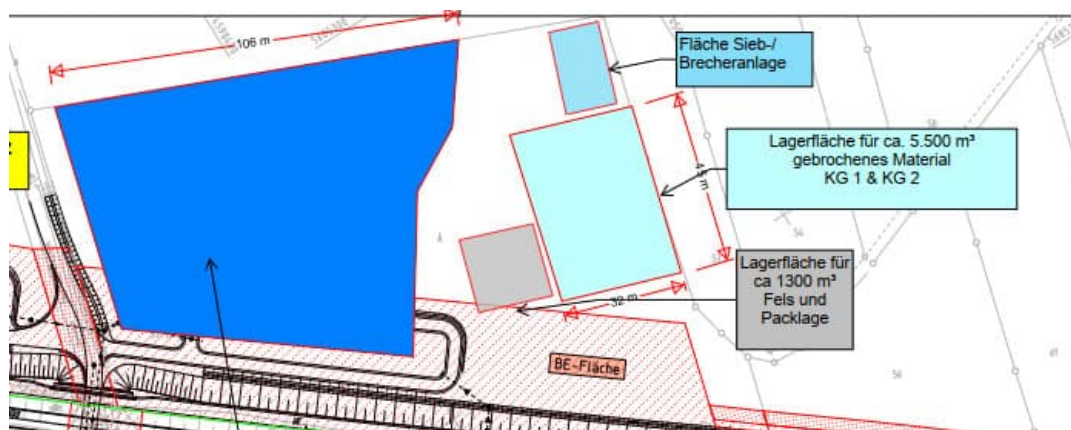


Abbildung 13 Plananschnitt LP 6.1

Logistikkonzept Bauphase 2, interne Unterlagen

Der Lagerplatz LP 6.1 wird in der Abbildung 13 veranschaulicht. Da dieser Lagerplatz für verschiedene Verwendungen vorgesehen ist, wurden einzelne Flächen eingeteilt. Ein Großteil des Lagerplatzes wird für die Zwischenlagerung des Schotters verwendet. Diese Fläche wird in Dunkelblau dargestellt. Die Brech- und Siebanlage sowie eine Lagerfläche für das gebrochene Material werden in Hellblau abgebildet. Die Lagerfläche für Fels und Packlage wird in Grau dargestellt. Der Lagerplatz Möhrenfeld befindet sich ebenfalls wie der LP 6.1 in Anlage 10. Die Lagerplätze LP 8 und LP 9 werden in der Anlage 12 dargestellt. Beide Lagerplätze werden für die Zwischenlagerung von Bodenmaterial verwendet.

In den Anlagen 7 und 8 wird der Bereich der Packlage zusätzlich beschriftet. In einem lila umrahmten Textfeld wird der Bereich, in dem das Vorkommen vermutet wird, angemerkt. Des Weiteren wurden in den Anlagen 8, 9 und 10 Anmerkungen zur Dammverbreiterung eingefügt. Die grau umrahmten Textfelder enthalten

Informationen über den Bereich und die der Entwurfsplanung entsprechenden Kubatur des notwendigen Dammmaterials. Diese Informationen sind für die Ausführungsplanung relevant. Somit ist es von Vorteil, wenn auf diese Informationen zugegriffen werden kann. In den Bereichen der Packlage muss mehr Boden abgetragen werden, um die notwendige Bodenverbesserung zu ermöglichen. Die Kubaturen und Bereiche für den Dammauftrag sind für die Herstellung von Dammmaterial relevant. Wird beispielsweise während der Ausführung bemerkt das mehr Material beansprucht werden muss, kann durch diese Information festgelegt werden, von welchen Lagerplätzen das Material entnommen wird, um trotzdem ausreichend Material für die Dammverbreiterung der Entwurfsplanung zu besitzen.

Für eine übersichtliche Zusammenfassung der Lagerplätze und der notwendigen Informationen über diese wurde eine Tabelle erstellt. Diese ist in der Anlage 14 dargestellt. Die Tabelle enthält folgende Informationen:

- die Bezeichnung des Lagerplatzes
- die Lage
- die vorhandene Lagerkapazität
- ein Planausschnitt
- die Verwendung des Lagerplatzes
- die zwischengelagerten Abtragsmassen sowie die dazugehörigen Kilometrierungen
- die beanspruchte Lagerkapazität
- und die freie Lagerfläche.

10 Vergleich der Logistikkonzepte aus Bauphase 1 und 2

10.1 Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Logistikkonzepte

Das Massenkonzzept der Bauphase 1 wurde als Vorlage für die Erarbeitung des Konzeptes der Bauphase 2 verwendet. Das Konzept entsprechend der Entwurfsplanung der ersten BP wird nun mit dem der zweiten BP verglichen, um Gemeinsamkeiten und Unterschiede feststellen zu können. Durch deren Analyse werden unter Punkt 10.2 Schlussfolgerungen ermittelt.

Zunächst werden die abgetragenen Massegüter betrachtet. In Bauphase 1 wurde der Schotter mit einem Erfahrungswert von 3,50 t/ m berechnet. Das ist, wie bereits unter Punkt 8.1 erwähnt, die untere Grenze dieses Wertes. Bei der Berechnung des Schotters in BP 2 wird ein Wert von 3,75 t/ m verwendet. Dieser Wert wurde durch den Versuch ermittelt, sich den Werten des tatsächlichen Abtrags anzunähern. Dadurch entsteht bei der Berechnung, auf Grundlage der EP, in BP 1 ein geringeres Schotteraufkommen der einzelnen Streckenabschnitte als in BP 2.

Die Berechnung des Bodenabtrags ist in der Erstellung beider Konzepte gleich. Es wird jeweils der Durchschnitt der aus zwei Querprofilen entnommenen Querflächen mit der Distanz zwischen zwei Querprofilen multipliziert.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des ersten Konzeptes waren verschiedene Gegebenheiten des Baugrundes noch nicht bekannt. Dazu zählen die Schotterauflast, die Packlage und das erhöhte Felsvorkommen im Bereich von km 75,700. Diese Materialien wurden somit in dem Konzept der Bauphase 1 nicht berücksichtigt. Für die Bauphase 2 wurden diese Vorkommnisse mit beachtet. Es wird beispielsweise auf LP 6.1 ein Lagerplatz für die Mengen des Felsabtrags und der Packlage eingeplant. Die Verwertung dieser Materialien als Stützkorn wird mit eingerechnet. Die Bereiche, in denen Packlage ausgebaut wird, sind in der Berechnung des Abtrags mit inbegriffen. Somit ist diese Mehrmenge berücksichtigt worden. Auch die Masse der Schotterauflast ist auf dem Lagerplatz LP 6.1 mit eingeplant. Der Bereich, in dem Packlage vorgefunden wurde, ist im Logistikkonzept angetragen, damit diese nicht außeracht gerät. Die Schotterauflast und der Fels sind ohne den Abtrag des Oberbaus ersichtlich.

Als Grundlage zur Verteilung der Massen wird die jeweils vorgesehene Verwendung betrachtet. In Bauphase 1 war es ursprünglich angedacht ein Großteil der Massen für die Herstellung von Dammmaterial zu verwenden, da während der Bauphase 1 eine große Dammverbreiterung im Bereich der LP 6.1 geplant ist. Dadurch wurden auf den Lagerplätzen immer ein Anteil Schotter und ein Anteil Boden zwischengelagert. Erst während der Bauausführung wurde die Verwendungsart geändert. Diese Veränderung wurde durch die Mehrmenge an Felsmaterial hervorgerufen. Der gebrochene Fels wird als Stützkorn für das Dammmaterial verwertet und der Schotter steht somit für eine

anderweitige Nutzung zur Verfügung. Somit wurde damit begonnen den Schotter zu brechen und als KG 1 oder KG 2 zu verarbeiten. In der Bauphase 2 werden nur wenige Dammbereiche verbreitert. Ein Großteil des Schotters wird somit ebenfalls für die Herstellung des KG 1 und KG 2 verwendet. Entsprechend dieser Verwertung wird der gesamte Altschotter auf dem LP 6.1 zwischengelagert und weiterverarbeitet. Der LP 3 und LP 5 werden für die Herstellung von Dammmaterial verwendet. Dementsprechend sind dies die einzigen Lagerplätze, auf denen Boden und Schotter/ Stützkorn zwischengelagert wird. Alle anderen Lagerplätze werden für die Zwischenlagerung von Boden verwendet.

Auch die zur Verwendung vorgesehenen Lagerflächen unterscheiden sich in diesem Bauvorhaben bauphasenabhängig. In der Bauphase 1 standen sieben mögliche Lagerflächen zur Verfügung. Unter Punkt 7 sind die Lagerplätze der Bauphase 2 aufgeführt. In der Bauphase eins waren die Lagerplätze LP 3, 5 und 9 nicht zur Verwendung vorgesehen. Stattdessen wurde der LP 2.2 verwendet.

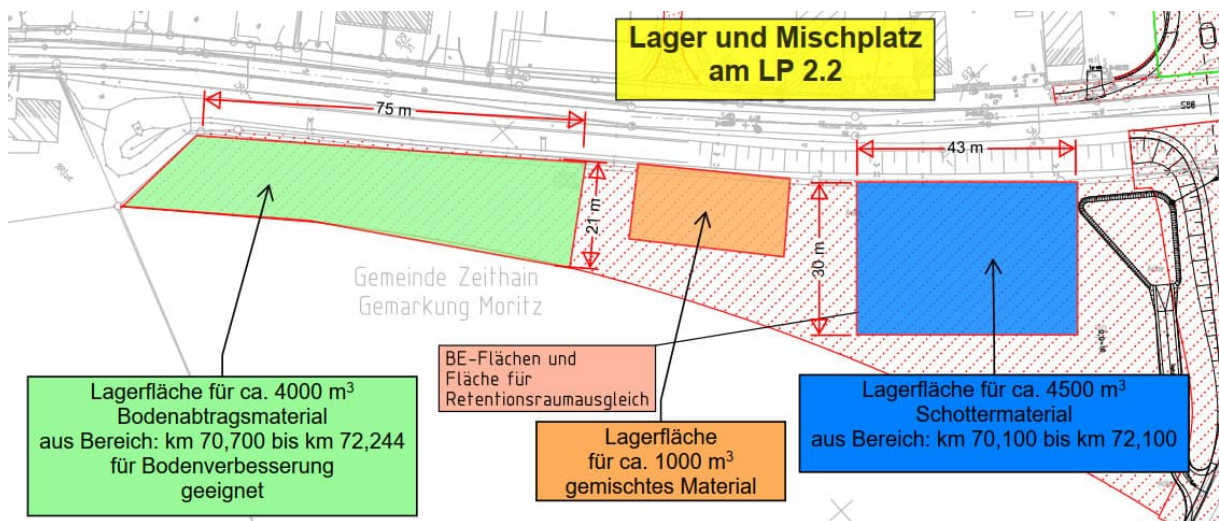


Abbildung 14 Lagerplatz LP 2.2, BP 1

Logistikkonzept der Bauphase 1, interne Unterlagen

In der Abbildung 14 wird der Lagerplatz LP 2.2 dargestellt. Dieser befindet sich in der Anlage 5 des aktuellen Logistikkonzeptes. In der Bauphase 1 wurde dieser Lagerplatz für die Herstellung und Zwischenlagerung von Dammmaterial verwendet. In der Bauphase 2 steht dieser Lagerplatz nicht mehr für die Umsetzung der logistischen Maßnahmen zur Verfügung. Dieser Lagerplatz wird von Nachunternehmern während der Ausführung der BP 2 verwendet.

Die Lagerplätze LP 3, 5 und 9 wurden aufgrund dessen eingeplant, dass möglichst kurze Umschlagwege während der Ausführung der zweiten Bauphase entstehen. Es handelt sich um drei gleisnahe Lagerplätze auf der bahnrchten Seite.

Die zu entsorgenden Abtragsmassen werden in beiden Konzepten auf dem LP 1 zwischengelagert. Der LP 1 ist ein Lagerplatz mit einer großen Lagerkapazität. Da

dieser Lagerplatz am Anfang des Umbauabschnittes liegt, wird dieser während der Bauausführung nur wenig für andere Verwendungen genutzt. Zudem besteht ein guter Anschluss des Lagerplatzes an das öffentliche Verkehrsnetz. Aufgrund dieser Tatsache wurde in beiden Konzepten das zu entsorgende Material auf diesem Lagerplatz zwischengelagert.

Bei dem Umbau des bahnlinken Gleises (BP 1) wurden vorrangig die Lagerplätze dieser Gleisseite verwendet. Je nach Höhenlage der Gleistrasse zum Nachbargelände hat man unterschiedliche Möglichkeiten, um in das Baufeld zu gelangen. Teilweise wurden Dämme angeschüttet, welche als Zufahrt zum Planum dienen. Diese sind bauzeitlich und werden mit dem Ende der jeweiligen Bauphase zurückgebaut. Lagerplätze auf der bahnrechten Seite konnten ausschließlich durch das Überqueren eines naheliegenden EÜ (in Betrieb) erreicht werden. Auf der bahnrechten Seite (BP 2) wird das ein ähnlich sein. Vorrangig werden die Lagerplätze der bahnrechten Seite verwendet. Die Lagerplätze der bahnlinken Seite sind nur durch die Eisenbahnüberführungen erreichbar.

Auch bei der Darstellung der Konzepte gibt es Unterschiede zwischen der bahnrechten- und bahnlinken Seite. Die grundsätzliche Darstellung der Bodenart in der Gleistrasse, den Lagerplätzen sowie die Beschriftungen ähneln sich in beiden Konzepten. Im Konzept der Bauphase 2 wurden für eine übersichtliche Darstellung die Umbaugrenzen eingezeichnet. Diese sind maßgebend für die Bauausführung. Als Anmerkung wurden die Bereiche, in denen Packlage ansteht und die Bereiche, in denen die Dammverbreiterung laut den Planungsunterlagen vorgenommen werden, mit einer Notiz versehen. Das macht die zur Ausführung relevanten Informationen schnell zugänglich.

10.2 Schlussfolgerungen aus dem Vergleich

Aufgrund des Vergleiches, der unter Punkt 10.1 angefertigt wurde, kann eine Auswertung durchgeführt werden. Diese hat den Zweck, die erlangten Erkenntnisse zusammenzufassen. Die Schlussfolgerungen bilden die Grundlage für mögliche Maßnahmen zur Minderung von planungsbedingten Fehlern.

Durch folgende Anpassungen wird einer bautechnisch bedingten Änderung des Logistikkonzeptes der Bauphase 2 entgegengewirkt:

- *Annahme eines höheren Erfahrungswertes für die Schotterberechnung*

Durch die Auswertung des ersten Logistikkonzeptes mit Werten aus der Bauausführung wurde festgestellt, dass eine höhere Schichtdicke im Bestand anliegt. Diese führt durch den Abtrag des Schotters über den gesamten Umbauabschnitt zu einer großen Menge. Die Wahl eines höheren Näherungswertes war unter der Betrachtung dieses Rückschlusses empfehlenswert.

- *Betrachtung der Berechnungsgrundlage des Bodenabtrags*

Die Berechnung des Bodenmaterials erfolgt über die Verwendung der Querprofile der Entwurfsplanung. Diese Berechnungsart des Bodens wird als genaueste Möglichkeit der Berechnung angesehen. Deswegen wird mit dieser Methode auch der Bodenabtrag der bahnrechten Seite berechnet.

- *Das Einbeziehen von besonderen bautechnischen Gegebenheiten, welche während der Ausführung von Bauphase 1 bekannt wurden*

Aufgrund des halbseitigen Streckenumbaus konnten Vergleichswerte für das Logistikkonzept der bahnrechten Seite ermittelt werden. Dies geschieht auf der Grundlage, dass davon ausgegangen wird, dass bahnrechts und bahnlinks ähnliche Bodenbeschaffenheiten vorliegen. Dieses Erkenntnis bringt für die Erstellung des Konzeptes der bahnrechten Seite viele Vorteile mit sich. Die Schotterauflast, die vorerst als Dammaufschüttung angenommen wurde, stellte sich während der Bauausführung als Vorkonsolidierung des Baugrundes heraus. Durch diese Tatsache wird dasselbe für die bahnrechte Seite angenommen. Dass der Fels im Bauvorhaben höher anliegt als vorab ermittelt, ist ebenfalls während des Umbaus des bahnlinken Gleises bekannt geworden. Dadurch konnten Abschätzungen zum Felsvorkommen der bahnrechten Seite getroffen werden. Packlage wurde üblicherweise über die gesamte Dammbreite eingebaut. Durch diese Hintergrundinformation ist bekannt, dass Packlage in einem ähnlichen Umfang auf der bahnrechten Seite abgetragen werden muss. Durch den Einbezug dieser Massen in das zu erstellende Konzept wird die Wahrscheinlichkeit des Anfalls großer Mengen minimiert.

Im Falle eines geringeren Abtrags dieser Materialien stehen zusätzliche freie Lagerkapazitäten zur Verfügung, die sich nicht negativ auf das erstellte Konzept auswirken.

- *detaillierte Vorbetrachtungen zur Verwendung der Massen*

Die Basis, auf der beide Konzepte erstellt wurden, unterscheidet sich grundlegend in den zwei Bauphasen. Der Verwendungszweck ist bei beiden Konzepten der maßgebende Faktor für die Anordnung der Massenverteilung. Dadurch, dass in dem Zeitraum der Erstellung des Konzeptes der Bauphase 1 davon ausgegangen wurde, dass vorrangig Dammmaterial aus Schotter und Boden hergestellt wird, beinhaltet dieses Konzept hauptsächlich Lager- und Mischplätze. Es wurde vorgesehen, dass auf diesen Lagerplätzen das Dammmaterial durchmengt wird. Das KG 1 und KG 2 sollte ursprünglich zugekauft werden. Im Konzept der Bauphase 2 existieren zwei Verwertungsarten, die umgesetzt werden. Zum einen ist das die Herstellung der Korngemische auf LP 6.1 und zum anderen die Herstellung des Dammmaterials auf LP 3 und 5. Aufgrund der unterschiedlich angesetzten Verwertungsarten der Abtragsmassen in BP 1 und 2 sind zwei verschiedenartige Konzepte entstanden.

- *Betrachtung zusätzlicher gleisseitiger Lagerflächen, um die Transportwege möglichst kurz zu halten*

Aufgrund dessen, dass die Lageplätze auf der bahnlinken Seite nur über große Umschlagwege während des Umbaus des bahnrechten Gleises erreichbar sind, wurden mögliche Flächen auf der bahnrechten Seite betrachtet. Durch diese Vorbetrachtung entstand die Möglichkeit der Verwendung von drei zusätzlichen Lagerflächen (LP 3, 5, 9). Diese Lagerplätze können ohne große Umwege vom bahnrechten Gleis aus erreicht werden.

- *Vorüberlegungen zu einer effektiven Zwischenlagerung der zu entsorgenden Materialien*

Das zu entsorgende Material wurde in beiden Bauphasen dem LP 1 zugeteilt. Diese Annahme ist bedingt durch die Randlage und den guten Anschluss an des öffentliche Verkehrsnetz. Zudem behindert diese Zwischenlagerung nicht die weiteren Arbeiten. Dieses Erkenntnis hat sich aus der Bauausführung der Bauphase 1 bestätigt.

- *Optimierung der Umschlagwege*

Bei der Betrachtung möglicher Zuwegungen zu den einzelnen Lagerplätzen ist zu erkennen, dass die kürzesten Umschlagwege auf den jeweils bahnseitigen Lagerplätzen erreicht werden. Das führt ebenfalls zeittechnische Einsparungen mit sich. Umso kürzer die zu fahrenden Wege bis zum Lagerplatz, umso weniger Zeit wird für den Transport benötigt. Das minimiert die Gesamtzeit des Abtrags. Die bahnseitigen Lagerplätze bieten allerdings nicht ausreichend Platz um die gesamten Kubaturen der Abtragsmassen zwischenzulagern. Somit ist die Verwendung der Lagerplätze beider Bahnseiten in beiden Bauphasen nicht vermeidbar. Für die bahnlinke Seite wurde bereits vorab mehr Material berechnet als für die bahnrechte Seite. Dadurch mussten in Bauphase 1 alle Lagerplätze fast vollständig beansprucht werden. Für die Bauphase 2 haben sich aus den Berechnungen wesentlich geringere Abtragsmassen ergeben. Somit wird abgewägt, welche Umschlagwege am kürzesten sind. Es wird versucht so wenig wie möglich Material auf die Lagerplätze der bahnlinken Seite zu transportieren, vorausgesetzt, dass sich bei diesen der größere Umschlagweg ergibt.

Die Umsetzung der Darstellung im Flächenplan wurde aus der Bauphase 1 übernommen, da sich diese Darstellungsart bewährt hat. Die Flächenpläne enthalten relevante Orientierungspunkte und sind durch die maßstäbliche Darstellung sehr genau. Die Einarbeitung der einzelnen Umbauabschnitte sowie der Informationen zum Bauvorhaben sind Zusätze, die aufgrund der Bauausführung in BP 1 empfohlen wurden.

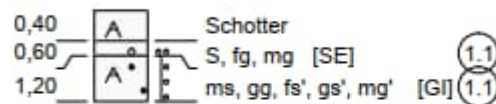
11 Maßnahmen zur Reduzierung von Planungsfehlern

Um bei der Erstellung weiterer Massen- und Logistikkonzepte verschiedene Fehler zu vermeiden, werden im folgenden Abschnitt die aufgetretenen Widersprüche benannt und anschließend bewertet. Dadurch lassen sich Maßnahmen festlegen für die Minderung weiterer Fehleinschätzungen.

Zunächst wird die Berechnung der Abtragsmassen betrachtet. Bei der Berechnung von Schotter wird im Allgemeinen eine grobe Rechnung mit einem Erfahrungswert von 3,5 – 4 t/ m angewandt. Da die im Bestand anliegenden Schichtdicken variieren, ist es empfehlenswert, die Schichtdicke des Schotters durch die Analyse der Bohrprofile und Schürfe festzulegen. Dadurch wird verhindert, dass während der Bauausführung unerwartete Mehrmengen auftreten. ⁷⁸

Sch 135 / km76,100

22.03.13
112,52 m ü. NHN
Gleis 1 bl



Sch 135 / km76,100	
Tiefe	Bodenart
0,40	AUFFÜLLUNG: Schotter, (grau)
0,60	AUFFÜLLUNG: Sand, feinkiesig bis mittelkiesig, mitteldicht gelagert, (dunkelgrau) [SE]
1,20	AUFFÜLLUNG: Packlage Felsbruch, Steine, mittelsandig, schwach feinsandig, schwach grobsandig, grobkiesig, schwach mittelkiesig, dicht gelagert, (braun) [GI]

Abbildung 15 Profil zur Auswertung eines Schurfes
Bohrprofile bahnrechts, interne Unterlagen

In der Abbildung 15 ist ein Profil zur Auswertung eines Schurfes aus der Gleismitte der bahnrechten Seite dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Schotterstärke in diesem Bereich 40 cm stark ist. Ist die Schotterstärke häufig größer als der laut RIL 836 vorgeschriebene Wert, muss ein höherer Näherungswert für die Berechnung angesetzt werden.

⁷⁸ (Berechnung Schottermengen 2021)

Die Anwendung des Wertes kann je nach Art der Strecke oder Umbauform auch nicht möglich sein. Für Weichenbereiche existieren beispielsweise Tabellen, aus denen die Schottermengen entnommen werden können.⁷⁹

Auch bei der Berechnung des Bodenabtrags ist es empfehlenswert die Schichtdicken der Querprofile mit denen der Bohrprofile abzugleichen. Die Schichtdicken des Bestands in den Querprofilen entsprechen häufig den nach RIL 836 vorgeschriebenen Stärken, wie bereits unter Punkt 5 erwähnt. Durch diese Angaben kann die Berechnung des vorhandenen Bodenmaterials hohe Abweichungen zur tatsächlich abzutragenden Menge aufweisen.

Vor allem bei Bauvorhaben, bei denen ähnlich dem BV ABS L - D ein gleisseitiger Umbau stattfindet, kann durch die Auswertung des ersten Massen- und Logistikkonzept ein erheblicher Vorteil entstehen. Die Analyse hat Erkenntnisse über:

- den Baugrund
- die Schichtdicken der jeweiligen Abtragsstoffe
- besondere Gegebenheiten (Packlage, Schotterauflast, Fels)
- oder die Berechnung der Massen

gegeben. Dadurch kann das Konzept der zweiten Bauphase so gut wie möglich den bekannten Umständen angepasst werden. Diese Möglichkeit besteht allerdings nicht immer. Wird ein Streckenabschnitt vollständig umgebaut, können die genannten Erkenntnisse nicht erlangt werden. Es ist empfehlenswert für die Berechnung auf bereits bestätigte Berechnungsansätze zurückzugreifen. Das bezieht sich einerseits auf die oben genannten Berechnungen der Abtragsmassen und andererseits auf die Berechnung der gegebenen Lagerkapazitäten. Unerwartete Mehrmengen können nicht vermieden werden. Um zusätzliche Aufwendungen, die sich mit der Verteilung der Mehrmengen befassen, zu verhindern, ist darauf zu achten, dass ausreichend freie Lagerkapazitäten geboten werden. Dadurch können beispielsweise Probleme einer zusätzlich notwendigen Verteilung vorerst außer Acht gelassen werden.

Vor dem Beginn einer Baumaßnahme wird ebenfalls betrachtet, ob das abgetragene Material innerhalb der Ausführung weiter verwendet werden kann. Dies basiert auf der Grundlage möglicher Kostenminderungen durch das Verhindern eines Neukaufs von Material und auf den Vorschriften des Kreislaufwirtschaftsgesetzes. Um die Verwertungsmöglichkeiten möglichst genau analysieren zu können, ist es notwendig, dass vorab bekannt ist, welche Materialien in welchen Kubaturen anfallen. Eine genaue Berechnung ist also ebenso eine Grundlage für die Festlegung einer effizienten Verwertungsmöglichkeit. Aufgrund der festgelegten Verwertungsart der jeweiligen Massen wird das Massen- und Logistikkonzept erstellt. Ändert sich die

⁷⁹ (H. F. WIEBE GmbH & Co. KG 2014)

vorgesehene Verwertungsart während der Bauausführung, ist es möglich, dass das erstellte Konzept angepasst werden muss. Eine gute Vorplanung ist somit maßgebend für die Umsetzbarkeit des erstellten Massen- und Logistikkonzeptes.

Auch bei der Zwischenlagerung von zu entsorgendem Material sind verschiedene Bedingungen zu beachten. Die Massen, die auf diesem Lagerplatz zwischengelagert werden, liegen häufig bis zum Ende einer Bauphase auf diesem, bevor sie entsorgt werden. Das ist dadurch bedingt, dass häufig noch zusätzliches Material auftritt, das dann für die Entsorgung gesammelt wird. Das Material ist somit einem Platz zuzuordnen, auf dem es die weiteren Arbeiten nicht behindert. Zudem sollte dieser Platz einen guten Anschluss an das öffentliche Verkehrsnetz ermöglichen, da die Abtragsmassen häufig per LKW abtransportiert werden.

Für die Berechnung der verfügbaren Lagerkapazität eines Lagerplatzes ist die Formel des Pyramidenstumpfes empfehlenswert. Bei der Betrachtung der nutzbaren Grundfläche muss auf Rangierwege, Abstell- und Wartungsflächen der Maschinen sowie weitere notwendige Flächen für die Zwischenlagerung anderer Materialien geachtet werden. Des Weiteren muss bei der Festlegung zur Schütthöhe des Haufwerkes darauf geachtet werden, wie sich der natürliche Böschungswinkel des Materials verhält. Danach wird die mögliche Aufschütthöhe eines Haufwerkes festgelegt. Diese Herangehensweise vermeidet mögliche Fehleinschätzungen zur gegebenen Lagerkapazität eines Platzes.

Im Anschluss sind mögliche Zuwegungen zu den einzelnen Lagerplätzen zu betrachten. Diese werden von der Deutschen Bahn vorgegeben. Welche der Baustraßen realisiert werden, ist abhängig von der Nutzung dieser. Bei der Verteilung der Massen ist vorrangig auf die Verwertung zu achten. Muss beispielsweise Dammmaterial in einem bestimmten Bereich eingebaut werden, hat der Transport der entsprechenden Materialien Vorrang gegenüber der Einhaltung kurzer Umschlagwege, da das Material sowieso in diese Bereiche transportiert werden muss. Ist noch keine Verwertung für ein bestimmtes Material vorgesehen, dann ist es empfehlenswert die Umschlagwege möglichst kurz zu halten.

Zuletzt folgt die Betrachtung der möglichen Darstellung. Wie bereits unter Punkt 10.2 erwähnt wird, ist die Darstellung im Flächenplan eine sehr übersichtliche Art der Verwirklichung. Durch die eingetragenen und beschrifteten Lagerflächen, Abtragsmassen und Umbauabschnitte wird verhindert, dass Missverständnisse während der Bauausführung entstehen.

Es ist zu beachten, dass sich jedes Bauvorhaben in der Lage, den Untergrundbedingungen, dem Gleiskörper und der anstehenden Baumaßnahme zu anderen Bauvorhaben unterscheidet. Nicht alle der notierten Maßnahmen lassen sich auf jedes Bauvorhaben anwenden. Abwägungen über die Anwendbarkeit dieser müssen nach der eigenen Einschätzung getroffen werden.

12 Fazit

Im Zuge des Großprojektes Bauvorhaben ABS Leipzig- Dresden findet ein Streckenausbau eines Abschnitts der Strecke 6363 für eine zulässige maximal Geschwindigkeit von $v_e = 200 \text{ km/h}$ statt. Das rund 10 km lange Bauvorhaben wird in einem halbseitigen Umbau der Gleistrasse in mehreren Bauphasen durchgeführt. Unter den Vorgaben des Kreislaufwirtschaftsgesetzes wird für die Koordinierung der anfallenden Baustoffe ein Massen- und Logistikkonzept erstellt.

Das Ziel der Arbeit war die Erarbeitung eines Massen- und Logistikkonzeptes für die Bauphase 2 des Bauvorhabens. Aufgrund dieser Zielstellung werden zuerst die Vorbetrachtungen für die Erstellung eines solchen Konzeptes durchgeführt.

Aufgrund der Auswertung der Bauausführung in Bauphase 1 werden folgende Änderungen im Konzept der Bauphase 2 durchgeführt:

- Annahme eines höheren Erfahrungswertes bei der Massenberechnung von Schotter
- Betrachtung der Berechnungsgrundlage des Bodenabtrags
- Vorbetrachtung der besonderen bautechnischen Bedingungen (Fels, Packlage, Schotterauslast)
- detaillierte Vorbetrachtungen zum Verwendungszweck der Abtragsmassen
- Vorbetrachtungen zu den nutzbaren Lagerflächen sowie
- die Optimierung der Umschlagwege.

Trotz der bisher einbezogenen Vorbetrachtungen können immer noch Differenzen zum tatsächlichen Massenabtrag auftreten. Treten Mehrmengen auf, muss eine zügige Verteilung dieser koordiniert werden. Wird weniger Material abgetragen als vorab ermittelt sind keine zusätzlichen Aufwendungen notwendig und es entstehen mehr freie Lagerkapazitäten. Somit ist es von Vorteil in der Berechnung einen höheren Ansatz zu wählen. Die tatsächlich abzutragenden Massen werden erst bei der Bauausführung ersichtlich.

Die finale Darstellung des Konzeptes erfolgt durch die Veranschaulichung der Vorbetrachtung in den Flächenplänen des Bauvorhabens. Diese Art der Darstellung hat sich als die übersichtlichste herausgestellt. Die wichtigsten Informationen für die Ausführung können schnell entnommen werden. Die Art und Weise der Darstellung hat sich bereits in der Bauphase 1 bewährt und ist somit empfehlenswert für die Erstellung weiterer Konzepte.

Nicht in jedem Bauvorhaben ist ein Massen- und Logistikkonzept notwendig. Bei kleineren Bauvorhaben ist ein solches Konzept nicht zweckgemäß. Bei Großprojekten

müssen die enormen Mengen der verschiedenen Massengüter kontrolliert auf die verschiedenen Lagerplätze verteilt werden. Die verwendeten Berechnungs- und Planungsansätze haben sich bereits in einer Bauphase bewährt und sind somit empfehlenswert.

Durch den Einbezug der Vorbetrachtungen aus Bauphase 1 und den zusätzlichen freien Lagerkapazitäten wird davon ausgegangen, dass das erstellte Logistikkonzept eine gute Grundlage für die technologische Ausführung der Bauphase 2 bildet.

Quellenverzeichnis

- Clayton Umwelt- Consult GmbH. *Geologen- Bodengutachten*. kein Datum.
<https://www.geologen-bodengutachten.de/baugrunduntersuchung> (Zugriff am 20. 07 2022).
- Abegg Andreas/ Streiff Oliver. *Die Wiederverwertung von Bauteilen*. Zürich: DIKE, 2021.
- Alhelm, Anne- Katrin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Felsmengen* (13. 07 2022).
- Alhelm, Anne- Katrin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Felsvorkommen* (13. 07 2022).
- Alhelm, Anne- Katrin, Interview geführt von Anne Schwarz. *interner Kreislauf der Massengüter* (03 2022).
- Alhelm, Anne- Katrin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Mengenänderungen im BV Zeithain* (15. 03 2022).
- Alhelm, Anne- Katrin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Verwertung des Altschotters* (11. 07 2022).
- Allianz pro Schiene*. 2021. <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/infrastruktur/schienennetz/> (Zugriff am 21. 02 2022).
- „Baubeschreibung /Vorbemerkung Bauvorhaben ABS L- D.“ DB Netz AG, 2019.
- Baugrund Dresden Ingenieurgesellschaft GmbH. „Baugrundgutachten BV Abs L- D.“ Zeithain, 04 2013.
- „Berechnung Massen mit Änderung AP (interne Unterlagen).“ Zeithain: Strabag Rail GmbH (wab), 23. 11 2021.
- Beutner, Andre, Interview geführt von Anne Schwarz. *Herstellung KG 1 und KG 2 Material* (25. 07 2022).
- Bund-/ Länder- AG. „Länderarbeitsgemeinschaft Abfall Mitteilung 20 (LAGA M20.“ Mainz, 06. 11 2003.
- Bundesministerium für Justiz. *Bundes- Bodenschutzgesetz (BBodSchG)*. Baden-Baden: Bundesministerium, 2012.
- Bundesvereinigung Recycling- Baustoffe e. V. *BRB*. 2022.
<https://recyclingbaustoffe.de/recycling-baustoffe/entstehung/> (Zugriff am 05. 07 2022).
- Bußgeldkatalog.net. *Bußgeldkatalog.net*. 2022.
<https://www.bussgeldkatalog.net/strassenverkehrszulassungsordnung/70-stvzo/> (Zugriff am 03. 08 2022).

-
- DB Netz AG. *BauInfoPortal*. 06 2020.
<https://bauprojekte.deutschebahn.com/p/vde9#:~:text=Neubau%20des%20ersten%20Gleises%20im,notwendige%20Technik%20in%20Betrieb%20genommen>. (Zugriff am 17. 05 2022).
- DB Netz AG. „Ausbau und Neubaustrecke Stuttgart- Augsburg.“ Erläuterungsbericht, Stuttgart, 2008.
- „Bauvertrag ABS L- D.“ Zeithain, 2020.
- „Besondere Vertragsbedingungen.“ 2019.
- „RIL 820 - "Grundlagen des Oberbaus".“ 01 2020.
- „RIL 820.2010 - Ausrüstungsstandard Schotteroberbau für Gleise und Weichen.“ DB Netz AG, 15. 11 1995.
- „RIL 836- "Erdbauwerke planen, bauen, Instand halten".“ 01. 11 2019.
- „RIL 880.4010.“ 2021.
- *Verkehrsumleitungskonzeption (Anlage zur Ausschreibung)*. 2017.
- Deutsches Institut für Normung . *DIN 19731 - Verwertung von Bodenmaterial*. 1998.
- „DIN 22475 geotechnische Erkundung und Untersuchung.“ 02 2022.
- Ebert, Daniel, Interview geführt von Anne Schwarz. *Bodenbelastungen aus dem Bahnverkehr* (26. 07 2022).
- ETH Zürich. *Wiederverwendung belasteten Bodens*. Zürich, 2006.
- Fry Patricia, Liechti Karina. „Wiederverwendung von abgetragenen, sauberem Boden in der Landwirtschaft.“ Abschlussbericht, Zürich, 2009.
- Gleisbauwelt*. kein Datum. <https://www.gleisbauwelt.de/lexikon/infrastruktur/weiche/grundlagen-der-weichen> (Zugriff am 08. 06 2021).
- H. F. WIEBE GmbH & Co. KG. *Technisches Handbuch 5. Auflage*. Achim, 2014.
- Keul, Daniel, Interview geführt von Anne Schwarz. *Massenänderungen im BV Zeithain* (15. 03 2022).
- Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG)*. 2020.
- Kunzmann, Sabine. *Effektivierung des Bodenschutzes*. München: Verlag Dr. Hut, 2009.
- Länderarbeitsgemeinschaft Abfall. *LAGA- Informationsschrift Abfallarten 41*. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 1992.
- Länderarbeitsgemeinschaft Bodenschutz (LABO). *Leistungsbuch Altlasten und Flächenentwicklung*. 2004/ 2005.
-

- Lieberenz Klaus, Gröbel Claus. *Handbuch Erdbauwerke der Bahnen: Planung-Bemessung- Ausführung- Instandhaltung*. Eurail press, 2013.
- Lieske, Olaf, Interview geführt von Anne Schwarz. *Berechnung Schottermengen* (06 2021).
- Ließke, Martin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Grundlagen zur Erstellung eines Logistikkonzeptes* (20. 07 2022).
- Ließke, Martin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Herstellung Dammmaterial* (27. 07 2022).
- Ließke, Martin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Schotterauflast* (15. 03 2022).
- Ließke, Martin, Interview geführt von Anne Schwarz. *Wiederverwertung der Massen* (03 2022).
- „Massenberechnung Felseinschnitt BV Zeithain (interne Unterlagen).“ Zeithain: Strabag Rail GmbH , 26. 11 2021.
- In *Bahnbau und Bahninfrastruktur*, von Matthews Volker Menius Reinhard, 320. Wiesbaden: Springer, 2017.
- Molzahn, Michael, Dr. „Erkundung im Gleisbett.“ Berlin, 27. 04 2017.
- Schwarz, Anne. „Analyse des Logistikkonzeptes für Tiefbaumaßnahmenam Bauvorhaben ABS L - D, für die Bauphase 1.“ Zeithain, 13. 04 2022.
- STRABAG Rail GmbH. „Berechnung Bodenabtrag.“ Zeithain, 02 2022.
- . „Berechnung Bodenauftrag, interne Unterlagen.“ Zeithain, 02 2022.
- . „Berechnungen aus der EP- Schotter (BP 2).“ Zeithain, 10. 06 2022.
- . „Kostenvergleiche Fels.“ Zeithain, 2022.
- . „Massen Boden aus QP.“ Zeithain, 2021.

Ehrenwörtliche Erklärung

"Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich",

1. dass ich meine Diplomarbeit mit dem Thema

..... Erarbeitung eines Logistikkonzeptes für die
Ausführung von Tiefbaumaßnahmen an
einem Bauvorhaben des STRABAG Rail GmbH

ohne fremde Hilfe angefertigt habe,

2. dass ich die Übernahme wörtlicher Zitate aus der Literatur sowie die Verwendung der Gedanken anderer Autoren an den entsprechenden Stellen innerhalb der Arbeit gekennzeichnet habe und

3. dass ich meine Diplomarbeit bei keiner anderen Prüfung vorgelegt habe.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Freital, 17.08.2022

Ort, Datum



Unterschrift

Erklärung zur Prüfung wissenschaftlicher Arbeiten

Die Bewertung wissenschaftlicher Arbeiten erfordert die Prüfung auf Plagiate. Die hierzu von der Staatlichen Studienakademie Glauchau eingesetzte Prüfungskommission nutzt sowohl eigene Software als auch diesbezügliche Leistungen von Drittanbietern. Dies erfolgt gemäß § 7 des Gesetzes zum Schutz der informationellen Selbstbestimmung im Freistaat Sachsen (Sächsisches Datenschutzgesetz - SächsDSG) vom 25. August 2003 (Rechtsbereinigt mit Stand vom 31. Juli 2011) im Sinne einer Datenverarbeitung im Auftrag.

Der Studierende bevollmächtigt die Mitglieder der Prüfungskommission hiermit zur Inanspruchnahme o. g. Dienste. In begründeten Ausnahmefällen kann der Datenschutzbeauftragte der Berufsakademie Sachsen sowohl vom Verfasser der wissenschaftlichen Arbeit als auch von der Prüfungskommission in den Entscheidungsprozess einbezogen werden.

Name:	Schwarz
Vorname:	Anne
Matrikelnummer:	s4003608
Studiengang:	Bauingenieurwesen- Straßen-, Ingenieur- und Tiefbau
Titel der Arbeit:	Erarbeitung eines Logistikkonzeptes für die Ausführung von Tiefbaumaßnahmen an einem Bauvorhaben der STRABAG Rail GmbH
Datum:	17.08.2022
Unterschrift:	