

**Verwertungspflicht des Gleisaushubs:
Behandlungsverfahren und
Verwertungspotenzial**

Grundlagenstudie im Hinblick auf die Revision der
Gleisaushubrichtlinie

Bundesamt für Verkehr BAV, Bern

Auftrags-Nr. 31.5280.001
Bern, 1. April 2022 / Bia

Geotechnisches Institut

Aktiengesellschaft

Zertifiziert nach SN EN ISO 9001: 2015

Zertifikat Nr. CH10908858 / 15.05.2020

www.geo-online.ch

info@geo-online.ch

4053 Basel, Pfeffingerstrasse 41

2854 Bassecourt, Rue du Vieux Moulin 4

3027 Bern, Bümplizstrasse 15

3900 Brig, Bahnhofstrasse 4a

2300 La Chaux-de-Fonds, Avenue Léopold-Robert 75

2740 Moutier, Rue des Prés 11

3700 Spiez, Postfach 474, Seestrasse 7

061 365 10 70

032 461 20 48

031 389 34 11

027 923 58 90

032 846 24 61

032 493 40 43

033 650 72 82

info@geo-online-bs.ch

info.ju@geo-online.ch

info.be@geo-online.ch

info.vs@geo-online.ch

info.ne@geo-online.ch

info.ju@geo-online.ch

info.sp@geo-online.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Ausgangslage	1
1.3	Fragestellungen und Zielsetzung	2
1.4	Fokussierung auf den engeren Gleisbereich	3
1.5	Datenerhebung: Statistische Grundlagen und Interviews	3
1.6	Redaktionelle Hinweise	4
2	Begrifflichkeiten: Empfehlungen zur Revision der Gleisaushubrichtlinie	5
3	Zahlen und Fakten	9
4	Pflichten der wichtigsten Akteure beim Umgang mit Gleisaushub	14
4.1	Veranlassung zur Durchführung entsprechender Recherchen	14
4.2	Inhaber oder Inhaberin von Abfällen	14
4.3	Pflichten der Bahnunternehmen	15
4.4	Im Entsorgungskonzept nicht enthaltende Daten	19
4.5	Meldepflichten der Entsorgungsunternehmen	19
4.6	Pflichten der Akteure bei einer Praxisänderung betreffend abfallrechtliche Beurteilung von Gleisbaumaschinen	19
5	Methoden der Fahrbahnerneuerung und anfallender Gleisaushub	21
5.1	Das FbE-Konzept beeinflusst massgebend die Abfallströme und die Verwertbarkeit von Gleisaushub-Material	21
5.2	Schotterreinigung, gleisgebunden	22
5.3	Schotterreinigung, <u>gleisun</u> gebunden	23
5.4	Schotterersatz ohne und mit Unterbausanierung	24
5.5	Logistische und maschinentechnische Einflüsse auf die Wahl der Erneuerungsmethode	28
6	Die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft im Kontext der Fahrbahnerneuerungen	30
6.1	Einordnung des vorliegenden Kapitels in die Gesamtstudie	30
6.2	Priorisierung beim Umgang mit Materialien aus dem Gleisbett	30
7	Verwertung des Gleisaushubs	33
7.1	Perspektiven zur Schliessung von Kreisläufen	33
7.2	RC-Schotter: Situation in der Schweiz und Vergleich zu Deutschland	35
7.3	Kiessand PSS: RC-Materialien sind nicht zugelassen	37
7.4	Interviews mit Entsorgungsunternehmen	37
7.5	Heutige Praxis der Verwertung von Gleisaushub	38
7.6	Auf Bundesebene benannte Entsorgungswege und Endprodukte	39
8	Ergebnisse der Ökobilanzierung im Überblick	41
9	Abschliessende Beurteilung und Empfehlungen zur Revision der Gleisaushubrichtlinie	42
9.1	Identifikation von Bereichen mit wesentlichem Handlungsbedarf	42
9.2	Einzelne Detailempfehlungen	46

10 Weiteres Vorgehen	50
Abkürzungen und rechtliche Grundlagen	51
Referenzen	52

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Schotter-Begriffe in diversen Grundlagen
Tabelle 2	Beispiel eines Entsorgungskonzepts (Teil Gleisaushub)
Tabelle 3	Perspektiven eines geschlossenen Kreislaufs des Gleisaushubs
Tabelle 4	Zusammenfassung Entsorgungsunternehmen: Verwertung und Beseitigung von Gleisaushub

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Eingrenzung der betrachteten Stoffflüsse
Abbildung 2	Abfallrechtliche Klassifikation von Gleisaushub: Gebräuchliche Abkürzungen und Farbcodes
Abbildung 3	Visualisierung der Fahrbahnerneuerungs-Typen, des abtransportierten Gleisaushubs und dessen Entsorgung
Abbildung 4	Abfallrechtliche Beurteilung von Bahnschotter
Abbildung 5	Priorisierung beim Umgang mit Gesteinskörnungen aus dem Gleisbett nach den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft
Abbildung 6	Verwerteter Gleisaushub als prozentualer Anteil am Total des entsorgten Gleisaushubs
Abbildung 7	Nummern- und Code-System im schweizerischen Abfallwesen
Abbildung 8	FbE-Methoden: Visualisierung einer Erfolgskontrolle

Beilage

Teilbericht Carbotech: Ökobilanz, Kosten und Öko-Effizienz, Basel 2022.

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Auftraggeber	Bundesamt für Verkehr BAV 3003 Bern	
Projektleiterin des Auftraggebers	Cécile Bonnet Sektion Umwelt	
Begleitgruppe	Cécile Bonnet	BAV, Sektion Umwelt
	Clara-Marine Pellet	BAFU, Sektion Rohstoffkreisläufe
	Rolf Guldenfels	BAV, Bautechnik
	Thomas Galfetti	swisstopo, Landesgeologie, Mineralische Rohstoffe
	Fabian Traber	ASTRA, Strassenbau / Oberbau
Autoren	Daniele Biaggi	Geotechnisches Institut AG, Bern
	Marco Burn	Geotechnisches Institut AG, Bern
	Thomas Kägi	Carbotech AG, Basel
	Fredy Dinkel	Carbotech AG, Basel
Auftragsgrundlage	Pflichtenheft "Verwertungspflicht des Gleisaushubs: Behandlungsverfahren und Verwertungspotenzial". BAV, 9.4.2021	
Auftragserteilung	Vertrag vom 3./8. Juni 2021	
Bearbeitung	Die Bearbeitung der Studie ist schwerpunktmässig wie folgt aufgeteilt: Geotechnisches Institut AG <ul style="list-style-type: none">– Projektleitung seitens Auftraggeber– Erhebung und Auswertung von Daten und Informationen zu:<ul style="list-style-type: none">• Anfallendem Gleisaushub in Abhängigkeit der Umbaumethode bei Fahrbahnerneuerungen• Entsorgungswege des Gleisaushubs, Schwerpunkt Behandlung/Verwertung Carbotech AG <ul style="list-style-type: none">– Erstellung von Ökobilanzen– Vergleich von Lebenszykluskosten Gemeinsame Bearbeitung beider Firmen <ul style="list-style-type: none">– Vorschläge zur Optimierung im Umgang mit Gleisaushub	

1.2 Ausgangslage

Bei Fahrbahnerneuerungen (FbE) fällt Gleisaushub als Abfall an und neues Material wird ins Gleisbett eingebracht. Die Gleisaushubrichtlinie aus dem Jahre 2018 legt die Grundlagen für die Planung der Materialbewirtschaftung bei Erneuerungsprojekten inklusive der dazu notwendigen Untersuchungen (chemische Analysen) dar. Ferner regelt sie die Entsorgungswege, wobei hierbei vielfach auf die VVEA verwiesen wird. Gleisaushub weist in der Regel Schadstoffgehalte auf, welche in der Bandbreite von unverschmutztem bis zu stark verschmutztem Material liegen. Abfallrechtlich ist somit ein korrekter Umgang mit Gleisaushub von Relevanz.

Erfahrungen der vergangenen Jahre zeigen, dass die Materialbewirtschaftung bei Fahrbahnerneuerungen teils nicht nachvollziehbar ist, teils suboptimal bis hin zu unsachgemäss verläuft. Des Weiteren bestehen Unklarheiten hinsichtlich des Recyclingpotenzials von Gleisaushub, wobei die Wiederverwendbarkeit des Bahnschotters im Vordergrund steht. Die Forderung nach einem verstärkten Recyclinggrad geht einerseits aus den Grundsätzen einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft hervor, andererseits aus der sich zunehmend abzeichnenden Erschwerung, neue Hartstein-Abbaustellen zur Gewinnung von Gleisschotter zeitgerecht in Betrieb nehmen zu können. Der Bericht zur Hartsteinversorgung in der Schweiz [26] weist auf einen möglichen Rückgang der inländischen Produktion ab 2023 hin, wenn die in den kantonalen Richtplänen festgesetzten Abbauerweiterungsprojekte nicht rechtzeitig bewilligt werden. Der genannte Bericht lässt die Schlussfolgerung zu, dass ohne neue Bewilligungen an den von den Hartsteinwerken beantragten Abbauerweiterungsgebieten und sofern sich der Recyclinganteil oder die Gesamtproduktion in den nächsten Jahren nicht weiter erhöht, die Deckung des nationalen Bedarfs durch die schweizerische Produktion ab 2023 für Gleisschotter gegenüber 2018 von 74% auf 66% sinken würde. Dies hätte eine zunehmende Abhängigkeit von Importen aus dem Ausland zur Folge.

1.3 Fragestellungen und Zielsetzung

Die Studie soll die an eine Fahrbahnerneuerung gekoppelten Materialflüsse aufzeigen, bewerten und Optimierungen vorschlagen. Es gilt ferner zu klären, inwieweit die heutigen Stoffkreisläufe den Vorgaben einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft entsprechen. Umweltrelevante Vorgänge sollen durch Ökobilanzierungen erfasst und bewertet werden. Die Ergebnisse sollen eine Grundlage zur geplanten Revision der Gleisaushubrichtlinie bilden.

Die detaillierten Gesamt- bzw. Etappenziele waren im Pflichtenheft des BAV festgelegt. An Sitzungen mit der Begleitgruppe zeigte sich, dass einige Modifikationen der ursprünglich angedachten Vorgehensweisen erforderlich waren. Teils handelte es sich um Erweiterungen der Zielvorgaben, teils mussten aufgrund mangelnder statistischer Grundlagedaten auch Abstriche in Kauf genommen werden.

Abschliessend ist die Analyse von Materialflüssen und Kreisläufen auf folgende Fragestellungen und Zielsetzungen ausgerichtet:

Bauliche Vorgänge bei der Fahrbahnerneuerung und anfallender Gleisaushub

- Wie beeinflusst die Methode einer Fahrbahnerneuerung (Schotterreinigung, Schotterersatz, Unterbausanierung mit Total- oder getrenntem Aushub) die anfallenden Abfallmengen und die Wiederverwertbarkeit des Gleisaushubs?
- Welches sind die Verfahren, die aus ökologischer Sicht zu priorisieren sind?

Entsorgung des Gleisaushubs

- Wie beeinflusst der dem Entsorgungsunternehmen angelieferte Gleisaushub die weiterführenden Entsorgungswege (insbesondere im Hinblick auf die Wiederverwertung) bezogen auf:
 - die abfallrechtliche Klassifizierung,
 - die Qualität und Gesteinskörnung?
- Welche Produkte werden aus dem aufbereiteten Gleisaushubmaterial hergestellt und wo werden sie eingesetzt?
- Welches sind zukunftsweisende Methoden bei der Aufbereitung?

Verwertung von Altschotter: "echtes Recycling" oder nur "Downcycling"?

- Wie präsentieren sich die regulatorischen Rahmenbedingungen im Hinblick auf die Verwertung von Altschotter als Gleisschotter?
- Gibt es ein echtes "Recycling" von Gleisschotter oder wird das Material zu Gesteinskörnungsgemischen mit kleineren Durchmessern zerkleinert ("Downcycling")?
- Was müsste man tun, um ein echtes Recycling von Bahnschotter zu fördern?

1.4 Fokussierung auf den engeren Gleisbereich

Die vorliegende Studie behandelt die Stoffflüsse mineralischer Komponenten, die bei Fahrbahnerneuerungen entfernt und entsorgt bzw. neu eingebracht werden. Der Schwerpunkt liegt bei den Materialien, die +/- im Lastabtragungsbereich der Gleisanlagen anstehen. Aushübe und Verfüllungen ausserhalb des engeren Gleisbereichs werden nicht oder nur am Rande behandelt (vgl. Abbildung 1).

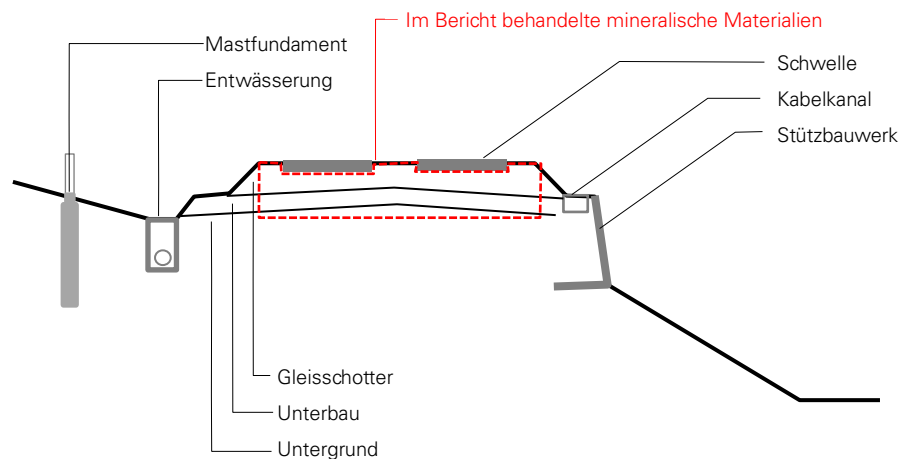


Abbildung 1
Eingrenzung der betrachteten Stoffflüsse

1.5 Datenerhebung: Statistische Grundlagen und Interviews

Ursprünglich war vorgesehen, umfangreiches Datenmaterial aus Literatur und anderen Veröffentlichungen (inkl. Informationen auf Webseiten) sowie aus einsehbaren Datenbanken zu ermitteln. Im Zuge der Bearbeitung sind wir auf aufschlussreiche Daten gestossen (vgl. Kapitel 3), aber ein vollständiges und in sich konsistentes Bild über die Entsorgungswege und Kreisläufe von Gleisaushubmaterial liess sich nicht ableiten. Für eine Gesamtbetrachtung, insbesondere für die Erstellung von Kreislaufdiagrammen mit Angaben zu den entsprechenden Mengen, präsentierte sich das gewonnene Datenmaterial als zu lückenhaft.

Mittels Interviews wurde versucht, an ergänzende Informationen zu gelangen und Datenlücken zu schliessen. Interviews wurden durchgeführt mit:

- Vertretern SBB, BLS und MOB
- Vertretern der Deutschen Bahn (DB)
- Entsorgungsbetriebe (Inhaberinnen und Inhaber von Abfallanlagen nach Art. 27 VVEA)

Jedes Interview brachte äusserst wertvolle Erkenntnisse zutage. **Wir danken an dieser Stelle allen befragten Personen für das entgegengebrachte Interesse, ihre Auskunftsbereitschaft, und die Zeit, die sie sich für den Informationsaustausch nahmen.**

Eine aus den Interviews gewonnene Erkenntnis ist, dass "es alle ein bisschen anders machen". Gewisse, sich nach ein bis zwei Interviews abzeichnende Abläufe und Verfahren liessen sich nicht durch zusätzliche Interviews statistisch erhärten, sondern brachten wiederum neue Abläufe und Verfahren zutage. Gerade die Auskünfte der Entsorgungsunternehmen ergaben sehr unterschiedliche Informationen, die sich nicht zu repräsentativen "Durchschnitts-Entsorgungswegen" zusammenfassen liessen.

Das Vorhandensein von Datenlücken und das Fehlen kohärenter Angaben über die Entsorgungswege wurde mit der Auftraggeberin diskutiert und von ihr akzeptiert.

1.6 Redaktionelle Hinweise

Die Beurteilung der aktuellen Gleisaushubrichtlinie [6] im Hinblick auf deren geplante Revision stellt einen zentralen Auslöser der vorliegenden Studie dar. Dementsprechend wird die Richtlinie im Fliesstext häufig erwähnt. Wir verzichten darauf, diese durchgehend mit einem Verweis auf das Grundlagenverzeichnis zu referenzieren.

Gesetze und Verordnungen werden nach den im Titel der entsprechenden Rechtserlasse aufgeführten Abkürzungen benannt (Auflistung vgl. Seite 51). Auf ein Referenzieren wird im Fliesstext verzichtet.

Während der Studienbearbeitung kristallisierten sich zwischen Autorenschaft und Auftraggeberschaft unterschiedliche Haltungen zu gewissen Auslegungen der Rechtsordnung aus. Im Vordergrund standen die Fragen,

- ob es sich beim Grobschotter, der beim Schotterreinigungsverfahren wieder ins Gleisbett eingebracht wird, um Abfall handelt oder nicht und
- ob die Gleisbaumaschinen, welche Schotterreinigungen oder einen Schottersatz durchführen, Abfallanlagen nach Art. 3 lit. g VVEA darstellen oder nicht.

Eine ausführliche Begründung, weshalb wir gewisse Sachverhalte anders einschätzen als die Auftraggeberschaft, ist in [14] dargelegt. Es wurde vereinbart, dass in der vorliegenden Studie klar erkenntlich und explizit dargelegt wird, in welchen Fällen die Autorenmeinung von der Haltung der Behörden abweicht. Der Fliesstext gibt die Einschätzung der Autoren wieder. Davon abweichende Haltungen der Auftraggeberschaft sind mit einer Randlinie gekennzeichnet.

¹ Auf Wunsch der Entsorgungsbetriebe bleiben diese im vorliegenden Bericht anonym. Wir verzichten auch darauf, die Ansprechpersonen der Bahnbetriebe namentlich zu nennen.

2 Begrifflichkeiten: Empfehlungen zur Revision der Gleisaushubrichtlinie

Das Erstellen eines Glossars war nicht Gegenstand des vorliegenden Auftrags, aber die Studienbearbeitung machte deutlich, dass im Zuge der Revision der Gleisaushubrichtlinie ein solches zwingend zu verfassen bzw. das Glossar in der bestehenden Richtlinie umfassend zu erweitern wäre.

Grundsätzlich verwenden wir in der vorliegenden Studie die Begriffe wie folgt:

- Bahntechnische Begriffe: Wenn kein Bezug auf eine anderslautende Referenz gemacht wird, gelten die Begriffserläuterungen gemäss Gleisaushubrichtlinie.
- Abfallrechtliche Begriffe: Wenn kein Bezug auf eine anderslautende Referenz gemacht wird, gelten die Begriffserläuterungen gemäss VVEA bzw. nach den VeVA-Listen (vgl. Seite 51).
- Wird ein Begriff mit direktem Bezug auf eine anderslautende Referenz genannt, wird letztere mit Verweis auf das Grundlagenverzeichnis aufgeführt.

Tabelle 1 zeigt am Beispiel der Schotter-Begriffe, dass es nicht einfach ist, sich in den massgebenden Regelwerken und Berichten zurechtzufinden. Insbesondere besteht die Gefahr, dass einzelne Schotterbegriffe als Synonyme verwendet werden, obwohl dies aufgrund der geltenden Regeln und Normen nicht zulässig ist. Eine detaillierte Begriffserklärung bedarf der RC-Gleisschotter (abgekürzt mit RC-Schotter) bzw. der Unterschied von diesem zum gereinigten Schotter:

Im vorliegenden Bericht verwenden wir den Schottertyp RC-Schotter wie folgt:

Wird Gleisaushub durch das Bahnunternehmen einem Entsorgungsunternehmen zugeführt und stellt letzteres von diesem Material Gleisschotter her, dann handelt es sich hierbei um ein Rezyklat, d.h. um **RC-Schotter**. Hierbei handelt es sich um ein neu hergestelltes Produkt, das durch die Bahnunternehmen erworben werden kann. Eine Definition findet sich in der EN 13450 (vgl. [8]): Diese Norm beschreibt "rezyklierten Gleisschotter" wie folgt: *Gleisschotter, der das Produkt einer Verarbeitung von bereits zuvor verwendetem Gleisschotter ist*. In Bezug auf das Schweizer Abfallrecht wäre vermutlich die folgende Formulierung zutreffender: Gleisschotter, der das **Produkt einer Verwertung** von bereits zuvor verwendetem Gleisschotter ist. In den einschlägigen Richtlinien der Schweiz kommt der Begriff RC-Schotter nicht vor. Ein Begriff mit ähnlich gelagerter Bedeutung findet sich im R RTE 21110 [10]: *unverschmutzter gewaschener Altschotter 32/50*. Letzterer darf in der Schweiz nur für den Bau von Anlagen der Gleisbelastungsgruppe 4 (nach [9]) verwendet werden.

Nach geltenden Regelwerken darf der Begriff **gereinigter Schotter** (vgl. [6] und [10]) dem RC-Schotter nicht gleichgestellt werden. Denn die beiden genannten Richtlinien besagen, dass es sich beim gereinigten Schotter um vor Ort wiederverwendeten Grobschotter handelt. Aus dieser Optik liesse sich Grobschotter wie folgt definieren: "Material, das weiterhin in seiner Funktion als Gleisschotter nutzbar ist und somit wiederverwendet wird." Bei dessen Weiterverwendung im Gleisbett besteht somit kein Konflikt zur Nichtzulassung von RC-Schotter in Gleisen der Gleisbelastungsgruppen 1 bis 3.

Fazit: Bei der Überarbeitung der Gleisaushubrichtlinie ist beim Aufführen von Schotter-Begriffen auf die Konsistenz mit anderen Regelwerken zu achten.

Schotter-Begriff	Gleisaushubrichtlinie [6]	AB-EBV [9]	R RTE 21110 [10]	SN 670 110 [8]	EN 13450:2002 (vgl. [8])	Hartstein-Bericht [26]	Gleiche oder ähnliche Bedeutung
Altschotter	-	-	++	-	-	++	
Ausfallschotter	++++	-	-	-	-	+	
Bahnschotter	++++	-	-	-	-	+	
gereinigter Schotter	++	-	++	-	-	+	
Gleisschotter	-	+++	+++	++++	++++	++	
Grobschotter	++++	-	-	-	-	-	
natürlicher Gleisschotter	-	-	-	++	++++	-	
neuer Schotter	+	-	-	++++	-	-	
Primärschotter	-	-	-	-	-	++	
RC-Gleisschotter	-	-	-	-	-	+++*	
Rezykliert Gleisschotter	-	-	-	-	++++	-	
unverschmutzter gereinigter Altschotter	-	-	++	-	-	+++*	

- nicht aufgeführt

+ aufgeführt, aber ohne Begriffserklärung

++ Bedeutung des Begriffs geht aus dem textlichen Kontext hervor

+++ Direkter Verweis auf ein Regelwerk, das die Begriffserklärung enthält

++++ Begriffserklärung

* Widerspruch zwischen Begriffsverwendung im Fliesstext und Begriff gemäss darauf verwiesenem Regelwerk

Pfeile gleiche (durchgezogene Linie) oder ähnliche (gestrichelte Linie) Bedeutung

Tabelle 1

Schotter-Begriffe in diversen Grundlagen

Nebst den oben genannten Schotterbegriffen empfehlen wir im Glossar der geplanten revidierten Gleisaushubrichtlinie zahlreiche weitere Begriffe zu erläutern (wie dies in der aktuellen Richtlinie bereits der Fall ist).

In der Folge fokussieren wir uns auf einige ausgewählte Begrifflichkeiten, die für die geplante Revision der Richtlinie besonders zu berücksichtigen sind.

Wiederverwenden, weiterverwenden (Re-use)

Damit wird die erneute Benutzung eines Produktes bezeichnet. Der Begriff steht im Kontext der Abfallvermeidung. Wird eine bewegliche Sache weiterbenutzt, wird sie nicht zu Abfall. Das "klassische" Beispiel ist das Waschen und wieder Auffüllen von Mehrwegflaschen.

Verwerten, Verwertung (Recycling)

Die Verwertung ist eine Form der Abfallentsorgung. Durch die Aufbereitung von Abfällen werden neue Produkte (sognannte Recyclingprodukte) hergestellt. So wird beispielsweise Glasbruch – welcher Abfall darstellt – geschmolzen und zu neuen Flaschen geformt.

Wie in [14] dargelegt, wird das Begriffspaar "Wiederverwendung/Verwertung des Grobschotter" in der bestehenden Gleisaushubrichtlinie wie auch im R RTE 21110 [10] nicht einheitlich angewandt.

In der heutigen Gleisaushubrichtlinie werden **Kürzel für die abfallrechtliche Klassifikation** des Gleisaushubs nach Abfallcodes angegeben (A-, T-, B-, E- und S-Material). Aus Sicht der Praxis empfehlen wir, an diesem Modus festzuhalten. Abbildung 2 fasst die heute geltenden Regelungen und gebräuchlichen Kurzbezeichnungen/Farbcodes zusammen.

Eine abschliessende Empfehlung geben wir zum Begriff der Entsorgung. Im Glossar der aktuellen Gleisaushubrichtlinie ist dieser wie folgt umschrieben bzw. eins-zu-eins vom USG übernommen:

Entsorgung: *Die Entsorgung der Abfälle umfasst ihre Verwertung oder Ablagerung sowie die Vorstufen Sammlung, Beförderung, Zwischenlagerung und Behandlung (Art. 7 Abs. 6bis USG).*

Da bei einigen Entsorgungsarten nicht ganz klar ist, ob sie als (indirekte) Ablagerung oder als Verwertung zu bezeichnen sind, kommt in den VeVA-Listen des UVEK eine Unterteilung zur Anwendung, die unseres Erachtens den Bedürfnissen der Praxis näherkommt: Die Verordnung unterscheidet nicht in Verwertung und Ablagerung, sondern in Verwertung und **Beseitigung**. Unter Beseitigungsverfahren verstehen sich alle Entsorgungsverfahren, die nicht als Verwertung gelten. Darunter fallen nebst der Ablagerung (Deponierung) auch Verfahren wie Verbrennung in einem Zementwerk oder Behandlungen mit anschliessender Deponierung. Wir gehen davon aus, dass für die Bahnunternehmen das Konzept nach der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen sinnvoller ist. Deshalb empfehlen wir, in der künftigen Gleisaushubrichtlinie den Begriff "Beseitigung" zu implementieren.

Abfallart nach VVEA

Codierung nach VeVA

Code

Klassierung

Abfallbeschreibung

Schadstoff-Grenzwerte nach VVEA

Grenzwerte BaP [mg/kg]

Grenzwerte PAK [mg/kg]

Grenzwerte KW [mg/kg]

Gebräuchliche Abkürzungen und Farbcodes

Alternative Bezeichnungen, alte Bez. (nach TVA)

4301 Unverschmutztes Aushubmaterial	4302 Schwach verschmutztes Aushubmaterial	4201 Verschmutztes Aushubmaterial, das keine gefährliche Stoffe enthält	4201 Verschmutztes Aushubmaterial, das keine gefährliche Stoffe enthält	4101 Durch gefährliche Stoffe verschmutztes Aushubmaterial
17 05 08 [nk] Unverschmutzter Gleisaushub	17 05 95 [nk] Schwach verschmutzter Gleisaushub	17 05 98 [ak] Wenig verschmutzter Gleisaushub	17 05 92 [akb] Stark verschmutzter Gleisaushub mit Ausnahme desjenigen, der unter 17 05 07 fällt	17 05 07 [S] Gleisaushub, der durch gefährliche Stoffe verunreinigt ist
0.3	1.5	3	10	
3	12.5	25	250	
50	250	500	5000	
A	T	B	E	S
A-Mat., U-Mat.	T-Mat. tolerierbares Mat.,	B-Mat., Inertstoffmat.	E-Mat., Reaktorstoffmat.	Sonderabfall, behandlungs- pflichtiger Gleisaushub

Abbildung 2

Abfallrechtliche Klassifikation von Gleisaushub: Gebräuchliche Abkürzungen und Farbcodes

3 Zahlen und Fakten

Wie in Kapitel 1 dargelegt, präsentiert sich die verfügbare Datenlage als unzureichend, um die aktuellen Materialflüsse, die bei Fahrbahnerneuerungen anfallen, vollständig zu quantifizieren. Auch können keine konkreten Beträge zur Einschätzung des Recyclingpotenzials von Gleisschotter genannt werden.

Trotzdem ist man im Zuge der Recherchen auf aufschlussreiche Fakten und Zahlen gestossen, die einen – wenn auch bruchstückhaften – Überblick über die bei Fahrbahnerneuerungen eingesetzten Methoden und über die anfallenden Gleisaushubmengen verschaffen. Teilweise können punktuelle Rohdaten auch für Grobabschätzungen verwendet werden, die beispielsweise eine Extrapolation auf gesamtschweizerische Verhältnisse erlauben.

Das entsprechende Datenmaterial wird in der Folge tabellarisch aufgeführt. In der Regel sind die Beträge gerundet angegeben.

In den Tabellen finden sich Daten zu:

- Eisenbahnnetz Schweiz
- Arbeiten an bestehenden Anlagen mit Bedarf an neuem Schotter
- Herstellung und Bedarf Gleisschotter
- Schotterreinigung
- Entsorgung von Gleisaushub allgemein
- Verwertung von Gleisaushub (Form der Entsorgung)
- Recyclingschotter (Daten Deutschland)

Bereich	Thema	Spezifikation, Erläuterung	Datenquelle	Beträge	
Daten zum Eisenbahnnetz	Streckennetz Schweiz	Normalspur	[18]	SBB BLS SOB andere	3'053 km 423 km 113 km 276 km
				Total	3'865 km
		Schmalspur (inkl. Tram)	[18]	RhB andere	382 km 1333 km
		Gleiskilometer: Da die Strecken mehrspurig sein können, betragen die Gleiskilometer mehr als die oben angegebenen Streckenkilometer.	[25]	Daten SBB: Streckennetz Gleisanlagen Faktor Gleise/Strecken	3'053 km 6'782 km 2.22
			[18], [15]	Daten BLS: Streckennetz Gleisanlagen Faktor Gleise/Strecken	423 km 615 km 1.45
	Trasse-Kosten		[18]	Neubaustrecken, Erweiterungen Substanzerhalt Betrieb und Unterhalt	1 Mia Fr 2.7 Mia Fr 0.5 Mia Fr
Arbeiten bei bestehenden Anlagen mit Bedarf an neuem Schotter	Unterhaltsarbeiten	Relevant in Bezug auf den Schotterbedarf ist das Krampen (Stopfen). Bei dieser Tätigkeit wird neuer Schotter eingebracht. Unterhaltsarbeiten zählen nicht zu den Fahrbahnerneuerungen. Rechtsstehende Daten gelten für die SBB.	[24] Interview Eigene Berechnung Eigene Berechnung	Daten SBB: Stopfen von Anlagen Bedarf an neuem Schotter (Stopfen) Bedarf an neuem Schotter (Stopfen) Anteil am jährlichen Bedarf an neuem Schotter (SBB)	800 km/Jahr 0.25 t/km 200 t/Jahr 0.04 %
	Fahrbahnerneuerungen	Unter Fahrbahnerneuerungen (FbE) verstehen sich Umbauten am Bestand, bei denen der Schotter gereinigt oder ersetzt und fallweise auch der Unterbau saniert wird. I.d.R gehen FbE mit dem Wechsel von Schienen und Schwellen einher.	[24]	Daten SBB: FbE 2018 FbE 2019	226 km 239 km
		Veranlassung einer FbE ist vielfach der Ablauf der Lebenserwartung von Schwellen.	Interview	Lebenserw. Holzschwellen Lebenserw. Betonschwellen	20 Jahre 40 Jahre
			Interview	Ø Zeitspanne zwischen 2 FbE	30 Jahre

Bereich	Thema	Spezifikation, Erläuterung	Datenquelle	Beträge	
Daten zu Herstellung und Bedarf Gleisschotter	Hartstein	Hartstein bildet den Rohstoff für die Herstellung von Gleisschotter. In der Schweiz werden Hartsteine, die der Schotterproduktion dienen, vor allem aus Kieselkalk-Vorkommen gewonnen. Gegenwärtig sind 8 Hartsteinwerke, welche fähig sind, Schotter der Klasse I zu produzieren, in Betrieb. Rechtsstehend die Produktion der Schweizer Hartsteinwerke 2016 – 2019.	[26]	Hartsteine total davon Gleisschotter	2.15 Mio. t/Jahr 575'000 t/Jahr
	Schotterbedarf	Jahresbedarf für die Bahnen	Daten swisstopo	Total Bedarf neuer Schotter CH Anteil Produktion Schweiz Anteil Import	750'000 t/Jahr 75-85 % 15-25 %
			[26]	Bedarf neuer Schotter SBB (2019)	510'000 t/Jahr
Daten zur Schotterreinigung	Schotterreinigung	Erläuterungen zur gleisgebundenen Schotterreinigung vgl. Kapitel 5.2, Erläuterungen zur gleisungebundenen Schotterreinigung vgl. Kapitel 5.3	Interviews	Daten SBB 2018: Anteil Schotterreinigungen aller FbE Details: gleisgebunden gleisungebunden	57 % 52 % 5 %
		Verhältnis Grobschotter zu Ausfallschotter bei der Schotterreinigung	Interviews (Erfahrungswerte)	Grobschotter-Anteil Ausfallschotter-Anteil	60-85 % 15-40 %
		Verwertungspotenzial des Ausfallschotters laut Angaben eines Entsorgungsunternehmens (Herstellung von Sekundärrohstoffen)	Interview	Verwertbarer Anteil am Ausfallschotter	80 %

Bereich	Thema	Spezifikation, Erläuterung	Datenquelle	Beträge	
Daten zur Entsorgung von Gleisaushub allgemein	Menge Gleisaushub	Menge an Gleisaushub, der von der SBB AG an Schweizer Entsorgungsfirmen übergeben wird.	[25]	Daten SBB: 2018 2019	231'500 t/Jahr 242'700 t/Jahr
		Dito für alle Bahnunternehmen der Schweiz	Eigene Schätzung	Hochgerechneter Betrag CH	380'000 t/Jahr
	Qualität Gleisschotter	Abfallrechtliche Klassifikation von 249 Schotterproben (FbE-Projekte 2018 – 2019)	Daten BLS	A-Material	38 %
				T-Material	43 %
				B-Material	12 %
				E-Material	8 %
				S-Material	0 %
	Entsorgung von kontrollpflichtigem Gleisaushub	Statistisches Datenmaterial liegt seitens BAFU nur für den kontrollpflichtigen Gleisaushub vor (B-, E- und S-Material).	Daten BAFU (Mittelwerte 2018 - 2020)	B-Material	30'100 t/Jahr
				E-Material	27'400 t/Jahr
	Entsorgung des gesamten Gleisaushubs	Geht man davon aus, dass gut 80% des Gleisaushubs aus A- und T-Material bestehen, resultieren die rechts angegebenen Schätzwerte.	Daten BAFU ergänzt durch eigene Schätzung	S-Material ²	4'600 t/Jahr
A- und T-Material				315'900 t/Jahr	
B-Material				30'100 t/Jahr	
E-Material				27'400 t/Jahr	
			S-Material	4'600 t/Jahr	
			Total entsorgter Gleisaushub	380'000 t/Jahr	

² Erfahrungsgemäss stammt S-Material ausschliesslich von belasteten Standorten (Unfallstandorte, punktuelle Leckagen, Umladestellen), bei denen nicht nur Ober- und Unterbau belastet sind, sondern auch das umliegende Terrain und/oder der unterliegende Untergrund.

Bereich	Thema	Spezifikation, Erläuterung	Datenquelle	Beträge	
Daten zur Verwertung von Gleisaushub	Verwertung des Gleisaushubs ³	Statistisches Datenmaterial liegt seitens BAFU nur für den kontrollpflichtigen Gleisaushub vor (B-, E- und S-Material).	Daten BAFU (Mittelwerte 2018 - 2020)	Kontrollpflichtiger Gleisaushub: Verwertung Beseitigung	54 % 46 %
		Verwertungsanteil gemäss Angaben SBB für A-, T-, B- und E-Material (Herstellung von Sekundärrohstoffen etc.)	[25] bzw. Schätzung Entsorgungsuntern.	Verwertung Deponierung	80 % 20 %
		Verwertungsanteil des gesamten entsorgten Gleisaushubs in der Schweiz (Herstellung von Sekundärrohstoffen etc.)	Eigene Schätzung	Verwertung Beseitigung	60-80 % 20-40 %
Daten zum RC-Schotter	Daten Schweiz	Herstellung von RC-Schotter in der Schweiz	Interviews	Menge	vernachlässigbar
	Daten Deutschland (D)	Anteil des RC-Schotters am Gesamtbedarf an Gleisschotter	Interviews	Anteil RC-Schotter, D	ca. 20 %
		Rückgewinnungsrate RC-Schotter (Ausgangsmaterial: Altschotter)	Interviews	Rückgewinnung Aufbereitung, D	20-40 %

³ Die Verwertung in der Schweiz beinhaltet vor allem ein Downcycling, vgl. Kapitel 7.2.

4 Pflichten der wichtigsten Akteure beim Umgang mit Gleisaushub

4.1 Veranlassung zur Durchführung entsprechender Recherchen

Gemäss Pflichtenheft zur vorliegenden Studie sei im Laufe des Jahres 2020 bei gewissen Eisenbahnprojekten eine unsachgemässe Materialbewirtschaftung festgestellt worden. Die Medien kommentierten im besagten Zeitraum vor allem den "Fall Mitholz" (wir gehen davon aus, dass die Leserschaft davon Kenntnis hat, und verzichten auf weitergehende Erläuterungen). Offenbar spielten bei diesem publik gemachten Fall unter anderem Unklarheiten bzgl. Verantwortlichkeiten der diversen Akteure eine zentrale Rolle. Diskutiert wurde beispielsweise die Übertragung der Verantwortlichkeit für den zu entsorgenden Gleisaushub vom Abgeberbetrieb (Bahngesellschaft) zum Entsorgungsbetrieb (Inhaberin von Abfallanlagen).

Oben genanntes veranlasste zum Verfassen des vorliegenden Kapitels, obwohl die hier behandelten Themen keinen direkten Bezug zu den Hauptzielen der Studie haben. Das Verstehen verfahrenstechnischer Abläufe dürfte mitunter auch für die Überarbeitung der Gleisaushubrichtlinie von Relevanz sein. Ferner verweisen wir darauf, dass seit jüngster Zeit wichtige verfahrenstechnische Neuerungen gelten: Die Meldepflicht für [nk]-Abfälle trat im April 2020 in Kraft und die neue Plattform eGovernment wurde 2021 aufgeschaltet.

4.2 Inhaber oder Inhaberin von Abfällen

Der ausserhalb der Baustelle entsorgte Gleisaushub ist unbestrittenermassen Abfall. Als Inhaber oder Inhaberin der Abfälle gilt, wer die tatsächliche Verfügungsgewalt über die Abfälle bzw. unmittelbaren Zugriff auf diese hat (wobei der Transporteur von diesem Inhaber-Status ausgeschlossen wird). Inhaberin des bei einer Fahrbahnerneuerung zur Entsorgung bestimmten Materials ist das Bahnunternehmen. Bei der Übergabe des Gleisaushubs an ein Entsorgungsunternehmen wird das Bahnunternehmen nach VeVA zum Abgeberbetrieb und das Unternehmen zur neuen Inhaberin des Gleisaushubs. Damit verliert das Bahnunternehmen weitgehend die Kontrolle über die nachgeschalteten Entsorgungswege.

Vertragsrechtliche Rahmenbedingungen können die Sachlage erschweren, nämlich dann, wenn die Projektierung/Ausführung einer Fahrbahnerneuerung einem Generalplaner/Generalunternehmer übertragen wird. Gemäss Auskunft des BAV-Rechtsdienstes ist hierbei folgendes zu beachten:

Die Bahnunternehmung ist Gesuchstellerin und Adressatin der Plangenehmigung des BAV, welche auch das Materialbewirtschaftungskonzept umfasst. Sie allein bleibt über die gesamte Projektdauer gegenüber dem BAV verantwortlich für den korrekten Vollzug der Abfallgesetzgebung und der mit der Plangenehmigung angeordneten Auflagen. Sie hat eine entsprechende Auflagenkontrolle zu führen. Hiervon kann sie sich nicht durch das Konstrukt eines Generalplanervertrages entbinden. Gemäss Art. 8 EBV muss die Bahnunternehmung dem BAV nach Abschluss der Arbeiten mittels Formular schriftlich bestätigen, dass es das Projekt unter Beachtung sämtlicher projektintegrierten Massnahmen sowie der angeordneten Auflagen ausgeführt hat. Diese Bestätigung ist eine Urkunde. Ist die Bestätigung unzutreffend, handelt es sich um eine strafbare Urkundenfälschung, worauf auch im Formular

hingewiesen wird. Ohne Kontrolle über den gesamten "Abfallprozess" kann die Bahnunternehmung diese Bestätigung nicht abgeben.

4.3 Pflichten der Bahnunternehmen

Pflicht der in der Planungsphase durchzuführenden Abklärungen

Art. 4 Abs. 2 VeVA besagt, dass Inhaberinnen und Inhaber von Abfällen vor der Übergabe von Abfällen abklären müssen, ob es sich dabei um Sonderabfälle oder andere kontrollpflichtige Abfälle handelt. Die Gleisaushubrichtlinie konkretisiert die durch die Bahnunternehmen durchzuführenden Abklärungen. Dabei handelt es sich nicht *a priori* um chemische Analysen. Die Richtlinie zeigt auf, in welchen Fällen chemische Schadstoffuntersuchungen zwingend erforderlich sind und unter welchen Umständen darauf verzichtet werden kann.

Organisatorisch und terminlich ist die chemische Untersuchung des Ausfallmaterials bei Schotterreinigungen schwierig zu handhaben. Beprobt und analysiert wird i.d.R. das Ausgangsmaterial, d.h. der im Gleisbett vorliegende Schotter. Der Entscheid, ob eine Reinigung oder ein Ersatz durchgeführt wird, ist in [14] ausführlich kommentiert. Bei einer Schotterreinigung weist der Ausfallschotter höhere Schadstoffbelastungen auf als der rückgeführte Grobschotter. In der Gleisaushubrichtlinie wird im Ablaufschema, Kapitel 8.2 explizit gefordert, dass der Altschotter chemisch zu untersuchen sei (Ausnahmen sind aufgeführt). Es fehlen aber konkrete Empfehlungen, wie dies zu bewerkstelligen ist.

Pflicht zur Erstellung eines Entsorgungskonzepts und Verwertungspflicht

Die Bahnunternehmen stehen in der Pflicht, über die bei einem Umbau anfallenden Abfälle ein Entsorgungskonzept zu erstellen und dieses der Behörde im Rahmen des Bewilligungsverfahrens zuzustellen⁴. Dies geht aus folgenden Grundlagen hervor:

- Art. 16 VVEA
- Kap. 7.3 der Gleisaushubrichtlinie
- Checkliste Umwelt für nicht UVP-pflichtige Eisenbahnanlagen [5] (in dieser werden die Begriffe "Abfallbewirtschaftungskonzept" und "Entsorgungskonzept" gleichgestellt)
- Kap. 5 der Vollzugshilfe zur Abfall- und Materialbewirtschaftung [4] (in dieser als "Abfallbewirtschaftungskonzept" bezeichnet)

⁴ Gemäss Art. 16 VVEA kann unterhalb eines prognostizierten Abfall-Anfalls von 200 m³ und unter Ausschluss des Vorkommens von PAK auf ein Entsorgungskonzept verzichtet werden, was aber bei FbE-Projekten selten zutrifft. Theoretisch könnte die Menge von 200 m³ unterschritten sein, wenn die zu erneuernde Abschnittslänge weniger als ca. 80 m beträgt und keine Holzschwellen sowie keine Weichen vorliegen (da Schmierstoffe früher auch PAK enthielten).

Art. 16 VVEA bestimmt ausdrücklich, dass die Bauherrschaft, also bei Fahrbahnerneuerungen das Bahnunternehmen, in dieser Pflicht steht. Durch die Beauftragung eines Generalplaners/Totalunternehmers kann sich das Bahnunternehmen von der Verantwortung, ein Entsorgungskonzept zu erstellen, nicht entbinden (vgl. oben).

Fahrbahnerneuerungen sind in der Regel nicht UVB-pflichtig⁵. Die Umweltthemen werden somit nicht in einem Umweltverträglichkeitsbericht, sondern in einem Umweltbericht behandelt (vgl. Art. 3 Abs. 2 lit. n VPVE). Das Entsorgungskonzept bildet eine Beilage zum Umweltbericht.

Im Konzept werden sämtliche anfallende Abfälle aufgeführt (also z.B. auch Holzschwellen, Schienen etc.). In der vorliegenden Studie konzentrieren wir uns auf den Gleisaushub.

Welche minimalen Angaben ein Entsorgungskonzept enthalten muss, ist in Art. 16 VVEA festgelegt:

- Art der anfallenden Abfälle
- Qualität der anfallenden Abfälle
- Menge der anfallenden Abfälle
- vorgesehene Entsorgung

Konkret finden sich in einem Entsorgungskonzept beispielsweise folgende Angaben:

Materialkategorie	VeVA Code	VeVA Schein	Einh.	Menge (Annahme)	Transport	Entsorgungsunternehmen, Deponie
...						
Gleisaushub						
Unverschmutzt (A)	170508		m ³	340	Bahn	Fa. XY, Musterdorf
Schwach verschmutzt (T)	170595		m ³	480	Bahn	Fa. XY, Musterdorf
Wenig verschmutzt (B)	170598		m ³	250	Bahn	Fa. XY, Musterdorf
Stark verschmutzt (E)	170592	ja	m ³	60	LKW	Deponie NN, Mustertal
Durch gef. Stoffe verunreinigt (S)	170507	ja	m ³			
...						

Tabelle 2

Beispiel eines Entsorgungskonzepts (Teil Gleisaushub)

Wie aus o.g. VVEA-Artikel hervorgeht, sind die im fiktiven Beispiel gemäss Tabelle 2 gemachten Angaben absolut verordnungskonform. Im Hinblick auf eine optimale Bewirtschaftung des Gleisaushubs sind jedoch folgende Defizite eines solchen minimalen Konzepts erkennbar:

- Die Gleisaushub-Chargen werden nur nach abfallrechtlichen Kriterien aufgeteilt. Eine Gliederung nach Gesteinskörnung wird nicht vorgenommen (z.B. Ausfallmaterial, Altschotter, Unterbaumaterial [evtl. vermengt mit Untergrundmaterial] oder Totalaushub).
- Art. 12 VVEA erläutert die Verwertungspflicht. Mit der alleinigen Angabe des Entsorgungsunternehmens wird nicht erkennbar, welche Verwertungsarten vorgesehen sind.

⁵ Anlagen des Schienenverkehrs, insbesondere der Ausbau von Eisenbahnlinien, unterliegen der UVP-Pflicht ab einem Kostenvoranschlag (exkl. Sicherungsanlagen) von mehr als 40 Millionen Franken. Dies trifft für reine FbE-Projekte praktisch nie zu. Projekte, welche den genannten Betrag überschreiten können, sind beispielsweise Multiprojekte mit umfassenden Erneuerungen an Bahnhofanlagen, oder Fahrbahnerneuerungen in Kombination mit Doppelspurausbauten.

Zuweilen stellt sich die Frage, inwieweit die Kantone noch wesentliche Änderungen am Entsorgungskonzept, das im Rahmen des PGV bewilligt wurde, verlangen bzw. neulautende Schadstoffuntersuchungen und Entsorgungswege fordern können. Laut juristischem Dienst des BAV präsentiert sich die Situation wie folgt:

Im Rahmen des PGV werden das BAFU und die Kantone zum Entsorgungskonzept angehört. Deren Anträge werden als Auflagen in die Plangenehmigung aufgenommen, soweit diese gesetzmässig sind und der fragliche Aspekt nicht bereits im Entsorgungskonzept berücksichtigt ist. Die Genehmigung des Entsorgungskonzepts - allenfalls ergänzt durch Auflagen aus dem Verfahren - ist in der Folge sowohl für den Bauherrn wie auch Kantone und BAFU verbindlich. Ohne dass sich der Sachverhalt wesentlich ändert, ist es nicht zulässig, neue Forderungen zu stellen.

Es gilt auch für das Entsorgungskonzept, was in Artikel 18 Absätze 3 und 4 Eisenbahngesetz steht:

- ³ *Mit der Plangenehmigung werden sämtliche nach Bundesrecht erforderlichen Bewilligungen erteilt.*
- ⁴ *Kantonale Bewilligungen und Pläne sind nicht erforderlich. Das kantonale Recht ist zu berücksichtigen, soweit es das Eisenbahnunternehmen in der Erfüllung seiner Aufgaben nicht unverhältnismässig einschränkt.*

Allerdings ist es möglich, dass während der Bauphase neue Erkenntnisse gewonnen werden, die nicht oder nicht ausreichend im Entsorgungskonzept berücksichtigt worden sind. Dann ist es die Pflicht der Bauherrschaft, die Genehmigungsbehörde umgehend davon in Kenntnis zu setzen und Anpassungen/Ergänzungen am Entsorgungskonzept zu beantragen. Je nach Tragweite hört das BAV hierzu erneut den Kanton und das BAFU an.

Dass ein Entsorgungskonzept nach der Plangenehmigung auf der Grundlage der durchgeführten Submission vor Baubeginn nochmals zu aktualisieren ist, versteht sich von selbst. Denn in Abhängigkeit vom ausführenden Unternehmer (dieser ist in der Regel im Zeitpunkt der Plangenehmigung noch nicht bekannt) können sich Anpassungen ergeben, die genehmigungsrelevant sind. Diese sind deshalb dem BAV vor Baubeginn zuhanden von BAFU und Kanton vorzulegen.

Pflicht zur Abgabe von Gleisaushub an zur Entgegennahme berechnigte Stellen

Nach Art. 4 Abs. 3 VeVA dürfen Abgeberbetriebe (im vorliegenden Fall die Bahnunternehmen) sämtliche kontrollpflichtigen Abfälle nur solchen Stellen übergeben, die zur Entgegennahme dieser Abfälle berechnigt sind. Kontrollpflichtiger Gleisaushub ist:

- Wenig verschmutzt (B), Code 170598
- Stark verschmutzt (E), Code 170592
- Durch gefährliche Stoffe verunreinigt (S), Code 170507

Zur Entgegennahme berechnigt sind solche Unternehmen, die von der kantonalen Behörde über eine entsprechende Bewilligung verfügen (Entsorgungsunternehmen, welche das Material aufbereiten, Deponien, Zementwerke etc.).

Hinweis: Die Entsorgungsunternehmen sind nur zur Annahme genau definierter Abfalltypen berechnigt. Die Bahnunternehmen müssen im Zweifelsfall abklären, ob das belieferte Unternehmen zur Entgegennahme entsprechender Chargen effektiv berechnigt ist. Diese Bestätigung ist einzufordern, mehr kann aber vom Abgeber nicht verlangt werden.

Aus Sicht eines Aussenstehenden mag es widersprüchlich anmuten, dass gerade die Abgabe von A- und T-Material problematisch sein kann. Denn laut eines Interviewpartners sei aus veva-online-

Abfragen nicht ersichtlich, zu welchen Entsorgungswegen (z.B. Verwertungsverfahren) ein Unternehmen für dieses Material berechtigt ist. Bei B-, E- und S-Material seien die zugelassenen Entsorgungstätigkeiten in der einsehbaren Betriebsbewilligung klar festgelegt. Auch Art. 11 VeVA regelt nur die unterschriftliche Bestätigung der Entsorgungsberechtigung für E- und S-Material (also begleitscheinpflichtige Abfälle).

Vom Entsorgungsbetrieb wird nicht verlangt, dass er eigene Analysen der entgegengenommenen Abfälle durchführt. Damit ist klar, dass die zentrale Verantwortung für den korrekten Vollzug der VeVA (und der VVEA) beim Abgeber der Abfälle und damit bei der Bahnunternehmung liegt. Dieser Verpflichtung kommen die Bahnunternehmen nur nach, indem sie der Bewilligungsbehörde (BAV) ein umfassendes Entsorgungskonzept einreichen, dieses entsprechend dem Projektfortschritt aktualisieren und für dessen Umsetzung vor Ort während der gesamten Projektdauer sorgen⁶.

Begleitscheinpflicht für Gleisaushub

Bei der Übergabe von E-Material (Code 170592) und S-Material (Code 170507) an den Transporteur oder direkt an den Entsorgungsunternehmer müssen die Bahnunternehmen den Begleitschein nach Art. 6 VeVA ausfüllen. Das Prozedere erfolgt übers Internet⁷.

EGL-Pflicht in einigen Kantonen

Es sei darauf verwiesen, dass – Stand Herbst 2021 – die Kantone Basel-Land, Basel-Stadt, Bern, Freiburg, Genf, Luzern und Solothurn die Abgeberbetriebe verpflichten, eine Entsorgungsgenehmigung via Internet EGL einzureichen.

Pflicht zur Erstellung eines Entsorgungsnachweises

Der Entsorgungsnachweis versteht sich als "Update" des Entsorgungskonzepts. Es werden die tatsächlich entsorgten Mengen an Gleisaushubmaterial festgehalten und allfällige Abweichungen gegenüber den im Konzept angegebenen Entsorgungswegen. Bei UVP-pflichtigen Projekten (wie oben erwähnt, sind die "normalen" FbE-Projekte nicht UVP-pflichtig) sei gemäss Auskunft des BAFU dieser Nachweis im Schlussbericht der Mandatsträgerin "Umweltbaubegleitung" enthalten.

Für den Entsorgungsnachweis besteht nur eine Erstellungspflicht. Er ist auf Verlangen der Behörde vorzuweisen. Ein Interviewpartner meinte, die Nachweise würden erstellt und 5 Jahre lang aufbewahrt, aber es habe praktisch noch nie eine Behörde gegeben, die dieses Dokument einforderte.

⁶ Mitteilung juristischer Dienst BAV

⁷ <https://www.veva-online.admin.ch/veva/start.cmd>

4.4 Im Entsorgungskonzept nicht enthaltende Daten

Keine Dokumentationspflicht zum Gleisaushub aus nicht-abfallrechtlicher Sicht

Der aus der VVEA und VeVA hervorgehende Umgang mit Gleisaushub ist einzig auf die Schadstoffbelastung ausgerichtet. Es besteht für die Bahnunternehmen keine Pflicht, pro FbE-Projekt die anfallenden Chargen nach Gesteinskörnung zu dokumentieren. Diese wären:

- Ausfallschotter aus Schotterreinigungen
- Altschotter (gem. [10]) aus Erneuerungsvorhaben mit Schotterersatz
- Altschotter aus Erneuerungsvorhaben mit Unterbausanierung und getrenntem Aushub
- Unterbau (und Untergrundmaterial) aus Erneuerungsvorhaben mit Unterbausanierung und getrenntem Aushub
- Totalaushub (gemischter Gleisaushub aus Erneuerungsvorhaben mit Unterbausanierung)

Haltung Auftraggeberschaft: Zu erwähnen ist in o.g. Auflistung auch der gereinigte Schotter (Grob-schotter, der beim Reinigungsprozess ins Gleisbett wiedereingebracht wird), weil dieser auch Abfall darstellt.

Gleisaushub wird in der Datenerfassung als ein Materialtyp betrachtet, der sich zwar aufgrund der Schadstoffbelastung in unterschiedliche Abfallarten gliedert, aber keinen Bezug zur Körnung nimmt (welche wiederum auf das Verwertungspotenzial schliessen lässt). Im Hinblick auf die Quantifizierung und Optimierung von Verwertungswegen und insbesondere der Schotter-Kreislaufwirtschaft fehlen somit massgebende Daten.

4.5 Meldepflichten der Entsorgungsunternehmen

Langfristiges Ziel des Bundes ist es, über zuverlässige Daten zu den Abfallmengen und damit auch zu den Mengen an Gleisaushub zu verfügen. Bis vor kurzen war das Prozedere etwas kompliziert, mit der im Sommer 2021 aufgeschalteten Internet-Plattform "eGovernment Portal UVEK - mit Services der BAFU-Abteilung Abfall und Rohstoffe" vereinfachen sich die Vorgänge. Das Konzept der Datenerfassung basiert auf zwei Säulen:

Jährliche Meldung für nicht kontrollpflichtige Abfälle [nk] (A- und T-Material)

Mit der Berichterstattungspflicht nach Art. 6 VVEA werden seit 2021 auch nicht kontrollpflichtige Abfälle [nk] erfasst. Sämtliche Abfallanlagen wie auch aufzufüllende bzw. zu rekultivierende Materialentnahmestellen sind verpflichtet, eine jährliche Meldung einzureichen.

Über die VeVA-Prozesse erfassten Datensätze (B-, E- und S-Material)

Sonderabfälle [S], kontrollpflichtige Abfälle mit Begleitscheinpflicht [akb] und andere kontrollpflichtige Abfälle [ak] werden bereits über die VeVA-Prozesse erfasst. Dies geschieht vorderhand mittels veva-online. Im Verlauf des Jahres 2022 wird die veva-online-Erfassung aufs eGovernment Portal UVEK migriert. Als Abgeberbetriebe sind die Bahnunternehmen in den VeVA-Prozess integriert (siehe oben).

4.6 Pflichten der Akteure bei einer Praxisänderung betreffend abfallrechtliche Beurteilung von Gleisbaumaschinen

Nach heutiger Praxis werden Gleisbaumaschinen, die Schotterreinigungen oder Schotterersatz durchführen, nicht als Abfallanlagen taxiert. Demzufolge fungieren die Gleisbauunternehmen auch nicht als Entsorgungsunternehmen. Die Autorenschaft dieser Studie befürwortet den Beibehalt dieser Praxis.

Haltung Auftraggeberschaft: Gleisbaumaschinen, die der Schotterreinigung dienen, stellen Abfallanlagen dar.

Eine Praxisänderung, d.h. die Deklaration von Gleisbaumaschinen als Abfallanlagen, würde umfassende Aufgaben und Pflichten diverser Akteure nach sich ziehen. Eine entsprechende Aufzählung ist in [14] enthalten.

5 Methoden der Fahrbahnerneuerung und anfallender Gleisaushub

5.1 Das FbE-Konzept beeinflusst massgebend die Abfallströme und die Verwertbarkeit von Gleisaushub-Material

Das Gebot der Abfallvermeidung und der Schliessung von Stoffkreisläufen geht nicht nur aus den gesetzlichen Grundlagen (USG und VVEA) hervor, es bildet auch ein Schwerpunktthema im Bericht über die Grüne Wirtschaft [12]. Des Weiteren steht momentan die von der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie des Nationalrates (UREK-N) vorgeschlagene Änderung des Umweltschutzgesetzes zu Diskussion. Diese bezweckt u.a. die Kreislaufwirtschaft zu stärken.

Im Zuge der Bearbeitung der vorliegenden Studie zeigte sich, dass die Wahl der Fahrbahnerneuerungsmethode massgebend dazu beiträgt, ob Abfälle vermeidbar sind und ob ausserhalb der Baustelle entsorgter Gleisaushub – nach entsprechender Aufbereitung – als Recyclingmaterial in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden kann. Eine vertiefte Auseinandersetzung mit den FbE-Methoden wird deshalb dem Hauptthema der Studie, d.h. der Verwertung von Gleisaushub, vorangestellt.

In den nachfolgenden Abschnitten werden einzelne Methoden der FbE nach oben genannten Gesichtspunkten erläutert. Kurz zusammengefasst ergibt sich folgendes Ergebnis:

- Schotterreinigung (gleisgebunden und gleisungebunden): Beim Grobschotter (gereinigter Schotter) handelt es sich um ein weiterhin nutzbares bzw. um ein wiederverwendetes Material⁸. Durch das Belassen des Grobschotter im Gleis können Abfälle vermieden werden.

Haltung Auftraggeberschaft: Grobschotter ist nicht wiederverwendetes, sondern verwertetes Material, da Grobschotter Abfall ist.

- Schotterersatz: Durch einen separaten Aushub kann das Verwertungspotenzial der einzelnen Chargen erhöht werden, womit sich Stoffkreisläufe besser schliessen lassen.

Abbildung 3 gibt einen Überblick über die einzelnen Fahrbahnerneuerungsmethoden. Zudem sind die Materialien aufgeführt, die abtransportiert und (extern) entsorgt werden.

⁸ Vgl. Kap. 6 der Gleisaushubrichtlinie und Kap. 6.4 des R RTE 21110 [10], weitergehende Erläuterungen siehe [14]

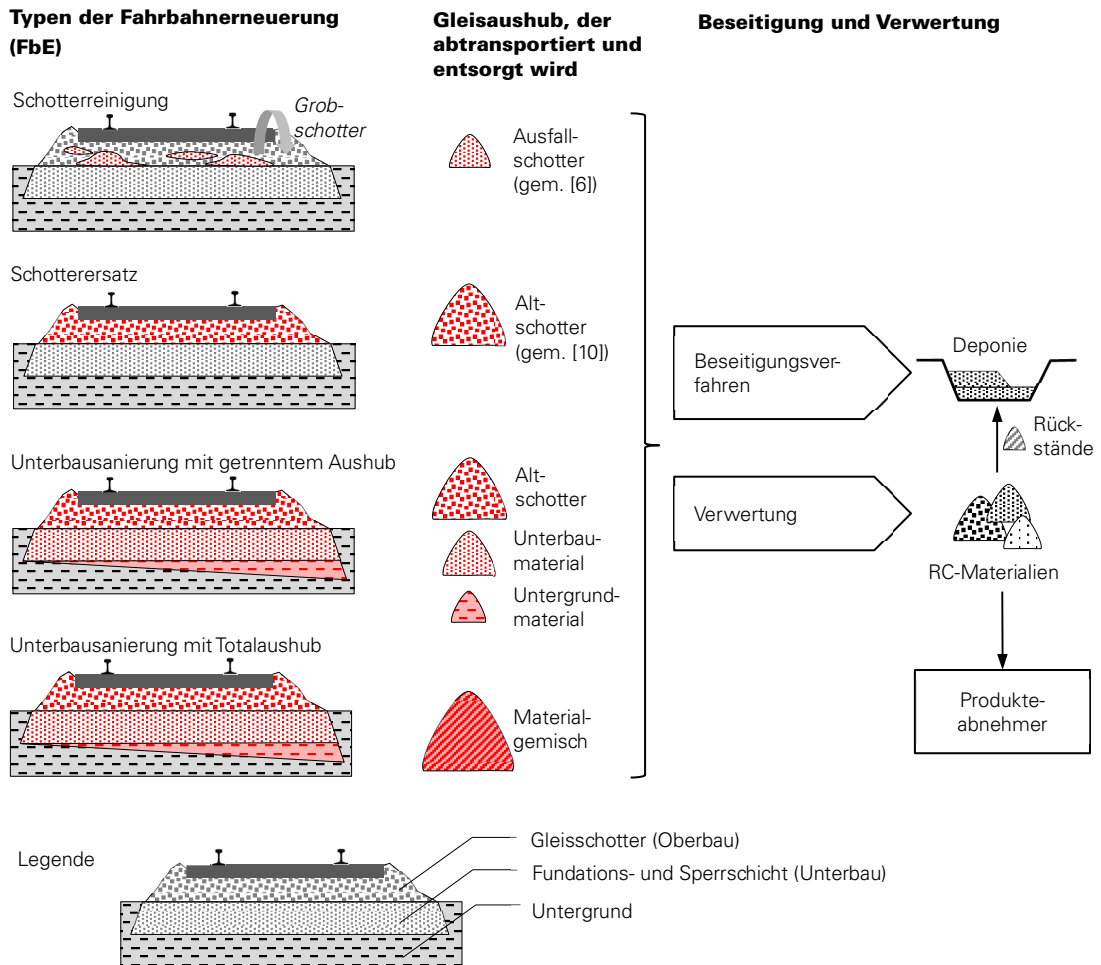


Abbildung 3

Visualisierung der Fahrbahnerneuerungs-Typen, des abtransportierten Gleisaushubs und dessen Entsorgung

5.2 Schotterreinigung, gleisgebunden

Vorgang

Ziel und Zweck der Schotterreinigung ist das weitgehende Wiederherstellen der erforderlichen technischen Qualität des Schotterbetts, damit dieses die nötigen Anforderungen (v.a. schadloser Abtrag der Bahnlasten, unbehinderte Entwässerung etc.) wieder erfüllen kann. Erreicht wird dies durch das Entfernen des unter Betrieb entstandenen Feinmaterials und der eingetragenen Verunreinigungen. Mittels einer Gleisbaumaschine wird der Schotter ausgehoben und gesiebt. Der weiterhin nutzbare Grobschotter wird mit Neuschotter vermischt, ins Gleis eingebracht und verdichtet (gestopft). Der Ausfallschotter, auch Abraum genannt, wird abtransportiert und entsorgt.

Fallweise wird im Rahmen der Schotterreinigung durch Hebung der Gleisnivellette die Sollhöhe des Gleises hergestellt. Bei gleichzeitiger Hebung des Gleisrostes erhöht sich der Anteil an zugemischtem Neuschotter.

Voraussetzungen

Beschränkt sich eine Fahrbahnerneuerung auf eine gleisgebundene Schotterreinigung bedingt dies:

- Der Unterbau muss nicht saniert werden (denn dies würde den Abtrag und Abtransport von Schotter und Unterlieger bedeuten).
- Der Schotter muss reinigbar sein bzw. der Grobschotter muss den Nutzungsansprüchen des Bahnunternehmens entsprechen⁹.

Masse/Beträge

Bei einspurigen Streckenabschnitten weist die maschinell durchgeführte Reinigung eine Breite von ca. 4 m auf (zum Vergleich: Breite einer Schwelle ca. 2.5 m). Die Körnung des weiterverwendbaren Grobschotters liegt bei 32/50. Der Ausfallschotteranteil kann bis zu 50% betragen, beläuft sich aber gemäss unseren eigenen Feldbeobachtungen (sofern das Schotterbett als reinigbar eingestuft wird) in der Regel auf 10 bis 20%.

Abfallrechtliche Vorgaben

Das Schotterbett gilt (wie auch der Unterbau) als ortsfeste Anlage (vgl. [2]). Wird bei einer Schotterreinigung nutzbarer Grobschotter vor Ort in seiner Eigenschaft als Bettungsmaterial wiederverwendet, vermindert dies Bauabfälle. Nach den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft dient die Schotterreinigung der Abfallvermeidung.

Haltung Auftraggeberschaft: Der gereinigte Schotter gilt als Erzeugnis einer Verwertung und ist somit als Recyclingmaterial zu klassifizieren.

Die Gleisaushubrichtlinie legt in Kap. 8.2 die Vorgaben bzgl. chemischer Untersuchungen fest:

- Die Schadstoffkonzentrationen des Grobschotters sind nicht zu bestimmen.
- Die Schadstoffkonzentrationen des Ausfallschotters sind in Abhängigkeit des Anlagentyps zu analysieren.

Ökologische Beurteilung

Wie aus dem beiliegenden Bericht der Fa. Carbotech hervorgeht, ist die Schotterreinigung aus rein ökologischer Sicht die nachhaltigste Art der Fahrbahnerneuerung. Es wird nur dasjenige Material abgeführt, welches das Schotterbett verunreinigt. Dadurch können die Abfallströme und der Bedarf an neuem Schotter auf ein Minimum beschränkt werden.

Ziele für die Zukunft

Aus ökologischer Sicht ist der Anteil an Fahrbahnerneuerungen mittels Schotterreinigungen anstelle von Schotterersatz möglichst zu erhöhen.

5.3 Schotterreinigung, gleisungebunden

Vorgang

Ziel und Zweck der gleisungebundenen Schotterreinigung sind identisch mit der gleisgebundenen Reinigung. Der Unterschied liegt beim Ort der Durchführung: bei der gleisungebundenen Reinigung wird der Schotter ausgehoben und in einer auf einem Installationsplatz stehenden mobilen Anlage gesiebt (Siebanlage gem. Kap. 6.4 R RTE 21110 [10]). Der weiterhin nutzbare Grobschotter wird mit

⁹ Erläuterungen dazu siehe [14]

Neuschotter vermischt, ins Gleis eingebracht und verdichtet. Der Ausfallschotter wird von der mobilen Anlage aus abtransportiert und entsorgt.

Gegenüber der gleisgebundenen Schotterreinigung hat die gleisungebundene Reinigung den Vorteil, dass der Siebprozess auf trockene Witterung terminiert werden kann. Trockenes Material bedeutet eine höhere Effizienz des Siebprozesses.

Voraussetzungen

Wichtigste Voraussetzung ist das Vorhandensein der erforderlichen Platzverhältnisse ("Installationsplatz"). Wegen den Anforderungen bezüglich Lärm und Platzentwässerung wird das Verfahren nur selten eingesetzt (< 5% der FbE).

Im Gegensatz zur gleisgebundenen Schotterreinigung ist die gleisungebundene Reinigung nicht ans Erneuerungskonzept gekoppelt. Die gleisungebundene Reinigung kann somit auch bei gleichzeitiger Planieverbesserung oder bei einer Unterbausanierung durchgeführt werden. Voraussetzung ist natürlich, dass der Schotter reinigbar ist.

Abfallrechtliche Vorgaben

Grundsätzlich gelten dieselben Vorgaben wie bei der gleisgebundenen Schotterreinigung. Als strittig erwies sich während der Bearbeitung dieser Studie folgende Frage: Handelt es sich bei mobilen, temporären Schotterreinigungsanlagen um Abfallanlagen nach Art. 3 lit. b VVEA?

Der Grobschotter, der nach dem Reinigungsprozess (ob gleisgebunden oder gleisungebunden) wieder im Gleisbett eingebaut wird, ist kein ausgedientes Produkt, das behandelt oder durch eine stoffliche Verwertung in ein neues Produkt (RC-Schotter) umgewandelt wird. Wird das Material mittels Trockensiebung nur gereinigt, handelt es sich unseres Erachtens bei der gleisungebundenen Siebanlage nicht um eine Abfallanlage (weitergehende Argumente vgl. [14]).

Haltung Auftraggeberschaft: Sowohl Gleisbaumaschinen, die eine gleisgebundene Schotterreinigung durchführen, als auch mobile Siebanlagen sind Abfallanlagen.

Ökologische Beurteilung

Analog der gleisgebundenen Reinigung ist auch die gleisungebundene Schotterreinigung aus rein ökologischer Sicht die nachhaltigste Art der Fahrbahnerneuerung. Es wird nur dasjenige Material von der Baustelle (bzw. vom Installationsplatz) abgeführt, welches das Schotterbett verunreinigt bzw. ausgesiebt wird. Dadurch können die Abfallströme und der Bedarf an Neuschotter auf ein Minimum beschränkt werden.

Ziele für die Zukunft

Die gleisungebundene Schotterreinigung sollte aus ökologischer Sicht gerade für Abschnitte, bei denen der Schotter noch reinigbar ist, aber die Planie und/oder der Unterbau saniert werden muss, vermehrt zum Einsatz kommen.

5.4 Schotterersatz ohne und mit Unterbausanierung

Vorgang

Beim Schotterersatz wird der bestehende Gleisschotter komplett entfernt und durch neuen Schotter ersetzt. Das Verfahren kommt sowohl beim Umbau mit Gleisbaumaschinen als auch beim strassenbaumässigen Umbau zur Anwendung.

Bei Fahrbahnerneuerung wird in folgenden Situationen ein Schotterersatz durchgeführt:

- Planie und Unterbau sind in Ordnung, müssen also nicht saniert werden. Nur der Schotter weist altersbedingt oder wegen Verlehmungen eine derart schlechte Qualität auf, dass er nicht mehr gereinigt werden kann. Ein Ersatz ist somit unausweichlich.
- Der Unterbau muss saniert werden. Um dies bewerkstelligen zu können, wird der überliegende Bahnschotter entfernt und abtransportiert (unabhängig davon, ob letzterer noch reinigbar wäre oder nicht).

Identifikation von Problemfeldern

Schotterersatz ohne Unterbausanierung

Müssen an der Planie oder am Unterbau keine Massnahmen ergriffen werden, gibt es erfahrungsgemäss nur wenige Fahrbahnerneuerungsvorhaben, bei denen ausschliesslich ein Schotterersatz angebracht ist. Oft sind die zu erneuernden Anlagen zerstückelt in Abschnitte, bei denen eine Reinigung ausreichen würde und in solche, bei denen ein Ersatz effektiv erforderlich ist. Aufgrund verschiedener Faktoren (z.B. hoher Zeitdruck, nur wenige zur Verfügung stehende Gleisbaumaschinen, die beide Verfahren anwenden können) entscheiden sich die zuständigen Projektleiter und Projektleiterinnen gewöhnlich für einen durchgehenden Schotterersatz.

Schotterersatz bei Unterbausanierungen

Bei Massnahmen an der Planie oder bei Unterbausanierungen muss der überliegende Bahnschotter entfernt werden. Hierbei sind gleich mehrere Problemfelder auszumachen:

- Unabhängig von der Qualität des bestehenden Schotters wird aufgrund des engen Zeitrasters ein Totalaushub bis aufs künftige Planum vorgenommen. Der Aushub besteht somit aus einem Gemisch aus Bahnschotter, Unterbau und – wenn Schotterbett- und Unterbaudicke zu geringmächtig sind – zusätzlich aus Untergrundmaterial. Es versteht sich von selbst, dass bei einer solchen Zusammensetzung des Gleisaushubs die Verwertungsmöglichkeiten eingeschränkt sind (die Verwertung ist somit als Downcycling zu taxieren, vgl. Kapitel 7).
- Selbst bei einem schichtweisen Abtrag wird der ausgehobene Bahnschotter an ein Entsorgungsunternehmen abgegeben. Die Wahrscheinlichkeit, dass angesichts der gegenwärtigen Regulierungslage in der Schweiz ein Downcycling statt eines Recyclings durchgeführt wird, ist gross. Eine gleisungebundene Schotterreinigung mit direkter Rückführung des gewonnenen Grobschotters auf derselben Baustelle wird – wie oben dargelegt – gegenwärtig kaum praktiziert.

Körnung beim Totalaushub

Zuweilen wird die Ansicht vertreten, dass selbst bei einem Totalaushub das anfallende Material durch Siebung in Schotter und feinkörnigere Chargen getrennt werden könne. Diese Aussage ist dann korrekt, wenn der mitausgehobene Unterbau aus Kiessand PSS¹⁰ besteht, dessen maximaler Korndurchmesser in der Regel unter dem Kleinstkorn von Gleisschotter liegt. Es gibt aber nur sehr vereinzelte Situationen, bei denen eine Unterbausanierung erforderlich ist, wenn die Foundationsschicht bereits aus Kiessand PSS besteht. Sanierungsbedürftige Abschnitte weisen in der Regel einen sehr alten Unterbau aus Wandkies (meist Rundkorn) auf, der das gesamte Kornspektrum bis zu Steinen aufweist. In diesen Fällen ist eine Trennung in Schotterfraktion und anderes Material nicht möglich.

¹⁰ Erläuterungen zum Kiessand PSS vgl. Kapitel 7.3

Ersatzmaterial besteht aus neuem Schotter

Die Regelung R RTE 21110 [10] konkretisiert die in der übergeordneten AB-EBV zu Art. 25 [9] vorgegebenen Anforderungen an den für Fahrbahnerneuerungen einzusetzenden Gleisschotter. Das R RTE 21110 unterscheidet Schotter der Klassen 1 und 2 sowie Altschotter. Die Schotterwahl hängt von der Gleisbelastung und Ausbaugeschwindigkeit ab. Unverschmutzter und gewaschener Altschotter ("RC-Schotter") ist nur bei Nebengleisen mit sehr geringer Belastung zulässig (< 5'000 Bruttotonnen/Tag). Bei den allermeisten Fahrbahnerneuerungen wird somit Schotter der Klassen 1 und 2 eingebracht. Dieser wird ausschliesslich aus neuem Schotter hergestellt. Dass RC-Schotter in der Schweiz kaum zu Einsatz kommt, wird in Kapitel 7.2 erläutert.

Schnittstelle Bahnunternehmen - Entsorgungsunternehmen

Mit der Abgabe des Materials an die Inhaberin der Abfallanlage hat das Bahnunternehmen hinsichtlich weiterführender Behandlung und Verwertung praktisch keine Kontrolle mehr (vgl. auch Kapitel 3).

Schadstoffbelastung des entsorgten Altschotters

Aufgrund einer Auswertung von 249 Schotteranalysen schätzen wir die abfallrechtliche Klassifikation des ausgehobenen Bahnschotters wie folgt ein:

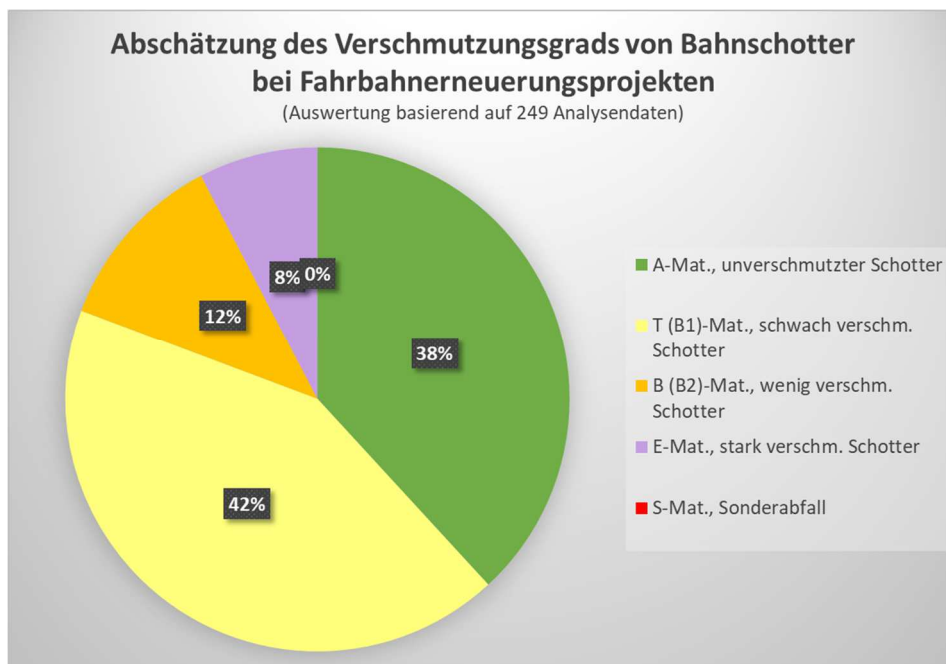


Abbildung 4
Abfallrechtliche Beurteilung von Bahnschotter

Ca. 80% des ausgehobenen Bahnschotters sind somit unverschmutzt (A-Material) oder schwach verschmutzt (T-Material). Mit dem fortlaufenden Ersatz von Holzschwellen durch Beton- oder Stahlschwellen und dem vermehrten Einbau schmierungsfreier Weichen wird künftig der Anteil an Material mit höheren Schadstoffgehalten (B- und E-Material) tendenziell abnehmen.

Aus eigenen Erfahrungen ist anzufügen, dass S-Material praktisch ausschliesslich im Bereich belasteter Standorte anfällt. Beispiele hierfür:

- Unfallstandort: Lösch-Standort einer brennenden Lok, aus der Isolieröl freigesetzt wurde.

- Umladestelle von Teeröl zu Zeiten, als noch Gaswerke betrieben wurden. Im konkreten Fall war nicht nur das Gleis, sondern auch der angrenzende Platz von einer sehr starken Verschmutzung betroffen.

Abfallrechtliche Vorgaben

Definitionen nach VVEA:

- Beim Bahnschotter und beim Unterbau (Sperrschicht, Foundationsschicht) handelt es sich um ortsfeste Anlagen. Bei deren Rückbau werden somit Bauabfälle generiert.
- Beim Untergrundmaterial (inklusive allfällige Dammschüttungen), das bei einer Fahrbahnerneuerung gegebenenfalls mit ausgehoben wird, handelt es sich um Aushubmaterial, bzw. im Fall von felsigem Untergrund um Ausbruchmaterial¹¹.
- Die Grenzwerte zur Festlegung der abfallrechtlichen Klassifikation (unverschmutzt, schwach verschmutzt, wenig verschmutzt, stark verschmutzt, Sonderabfall) sind für abzuführenden Altschotter/Unterbau und abzuführende Untergrundmaterialien dieselben.

Geregelt sind ferner gemäss VVEA:

- Die Abfallrechtliche Klassifikation der Bauabfälle und des Aushub-/Ausbruchmaterials.
- Es besteht eine generelle Verwertungspflicht (nach Stand der Technik).

Ökologische Beurteilung

Ausgehend vom Grundsatz, dass ausgehobener Schotter beim Erfüllen der entsprechenden Qualitätskriterien wiederum als Gleisschotter eingesetzt werden soll, weist der Schotterersatz, so wie er heute in der Schweiz gehandhabt wird, folgende Mängel auf:

- Es wird Schotter entsorgt, der eigentlich noch reinigbar ist und somit als Oberbaumaterial wiederverwendet werden könnte.
- Es bestehen aufgrund normativer Vorgaben praktisch keine Möglichkeiten, Recyclingschotter für den Gleisbau einzusetzen (vgl. Kapitel 7.2).
- Aus den beiden o.g. Punkten resultiert ein überhöhter Bedarf an neuem Schotter (Primärschotter).

Ziele für die Zukunft

- Der Bedarf an neuem Schotter bei Fahrbahnerneuerungen mit Schotterersatz soll gesenkt werden.
- Die beim Schotterersatz ausgehobenen Anteile an reinigbarem Material sollen aus ökologischer Sicht mittels gleisungebundener Schotterreinigungsanlagen gereinigt werden. Der gewonnene Grobschotter soll ins Gleisbett rückgeführt werden (Wiederverwendung).
- RC-Schotter soll als Oberbaumaterial verwendet werden können. Für das Recycling (anstelle des Downcyclings) sollen Angebot und Nachfrage gestärkt werden (Schaffung eines "Markts", vgl. Kapitel 7.2). Die qualitativen Anforderungen an RC-Schotter sind zu definieren und müssen das technisch erforderliche Funktionieren des Schotterbetts garantieren.

¹¹ Selbst beim getrennten Aushub wird der Unterlieger des Schotters (Unterbau und Untergrund) meist in einem Zuge ausgehoben. Normalerweise sind somit Unterbau- und Untergrundmaterial in unterschiedlichen Anteilen immer miteinander vermischt.

5.5 Logistische und maschinentechnische Einflüsse auf die Wahl der Erneuerungsmethode

Bei Fahrbahnerneuerungen unterscheidet man in Umbauten mit Gleisbaumaschinen und in strassenbaumässige Erneuerungen. Für die nachgenannten Informationen zu den Gleisbaumaschinen besteht keine Gewähr. Denn die gemachten Angaben basieren auf Herstellerinformationen, die aus Internetrecherchen stammen. Wir gehen davon aus, dass in der Arbeitsgruppe zur Revision der Gleisaushubrichtlinie diejenigen Mitglieder, welche die Praxis vertreten, umfassendere Einschätzungen abgeben können.

Soweit uns bekannt ist, kommen in der Schweiz entweder Gleisbaumaschinen für die Schotterreinigung oder solche für den Schotterersatz (mit oder ohne Unterbausanierung) zum Einsatz. Nur eine sehr kleine Anzahl moderner Gleisbaumaschinen kann zwischen diesen beiden Umbaumodi umstellen (also abschnittsweise den Schotter reinigen und abschnittsweise das Material komplett ausheben und durch neues Material ersetzen).

Bei der Schotterreinigung mittels Gleisbaumaschinen handelt es sich in der Regel ausschliesslich um eine Trockensiebung. Im Ausland wird der Grobschotter, der nach dem Reinigungsprozess wieder ins Gleisbett eingebracht wird, z.T. zusätzlich gewaschen und gewisse Maschinen können auch die Kanten der Körner schärfen.

Erfolgt die Fahrbahnerneuerung mittels Gleisbaumaschinen, die das Material komplett ausheben und durch Neues ersetzen, scheint praktisch immer der Totalaushub dem schichtweisen Abtrag von Schotter und Unterbau vorgezogen zu werden. Zwar wäre der schichtweise Abtrag bei mehreren Maschinen technisch möglich, sei aber aus zeitlichen und wirtschaftlichen Gründen nicht umsetzbar.

Identifikation von Problemfeldern beim Umbau mit Gleisbaumaschinen

Verzicht auf Stückelung in Teilabschnitte mit Schotterreinigung und solche mit Schotterersatz (mit oder ohne Unterbausanierung)

Oft zeigen die geologisch-geotechnischen Voruntersuchungen zu den geplanten FbE-Vorhaben, dass ein differenzierter Umbau möglich wäre. Bei einzelnen Teilabschnitten würde eine Schotterreinigung ausreichen, bei anderen Abschnitten sind grössere Eingriffe unumgänglich (Schotterersatz, Massnahmen an der Planie, Unterbausanierungen). Die Projektierenden schreiben aber die Arbeiten auf das "schwächste Glied der Kette" aus. Dies aus folgenden Gründen:

- Die Stückelung in Teilabschnitte mit Schotterreinigung und solchen mit Schotterersatz (mit oder ohne Unterbausanierung) ist zeitaufwändig und deutlich teurer als eine einheitliche Umbaumethode.
- Da nur sehr wenige Gleisbaumaschinen zwischen den o.g. Umbaumodi umstellen können, besteht ein Konflikt mit den Vorgaben aus dem öffentlichen Beschaffungswesen (zu wenige Anbieter).

Per Saldo wird somit viel mehr Schotter durch neuen Schotter ersetzt, als notwendig wäre.

Bei Unterbausanierungen erfolgt ein Totalaushub statt eines getrennten Aushubs

Beim Totalaushub wird Schotter, Unterbaumaterial und ggf. auch Untergrundmaterial gesamthaft ausgehoben. Diese Aushubmethode steht in Konflikt mit der Vorgabe der möglichst sortenreinen Trennung von Bauabfällen nach Art. 17 VVEA. Bei der Verwertung der Materialgemische kommt somit nur ein Downcycling in Frage.

Keine Unterbausanierung ohne Schotterersatz

Eine maschinelle Unterbausanierung erfordert immer den Abtrag und das Abführen des überliegenden Schotters. Selbst wenn letzterer noch reinigbar wäre und damit den Nutzungsansprüchen weiterhin genüge, wird er abgeführt und einem Entsorgungsunternehmen zugestellt. Auch in solchen Fällen wird somit mehr neuer Schotter ins Gleisbett eingebracht, als eigentlich notwendig wäre.

Hinweis zum strassenbaumässigen Umbau

Fallweise werden Fahrbahnerneuerungen ohne Gleisbaumaschinen ausgeführt. Es kommen Gerätschaften analog dem Strassenbau zum Einsatz (Bagger, Dumper, Walzen, Kran zum Heben des Gleisrosts etc.). Diese alternative Umbauweise erfordert längere Sperrungen und ist vor allem in Bahnhofsbereichen möglich, wo ein Gleis über mehrere Tage ausser Betrieb genommen werden kann. Beim strassenbaumässigen Umbau können Aushub und Einbau neuer Materialien problemlos mehrschichtig erfolgen. Eine Schotterreinigung wäre mit einer mobilen Schotterreinigungsanlage möglich.

Ziele für die Zukunft zum "Design" von Gleisbaumaschinen

Fokussiert man sich auf die nachhaltige Materialbewirtschaftung, ist der Vorzug denjenigen Gleisbaumaschinen zu geben, die

- zwischen den Arbeitsmodi "Schotterreinigung" und "Schotterersatz (mit oder ohne Unterbausanierung)" umstellen können,
- einen schichtweisen Aushub erlauben.

Massnahmen zur Zielerreichung

Bahnunternehmen stellen an die Anbieter konkrete Forderungen, was – unter Berücksichtigung einer angemessenen Entwicklungszeit – die Umbaumaschinen künftig erfüllen müssen. Es ist davon auszugehen, dass eine solche Entwicklung auch finanzielle Folgen hat (Umbauten werden teurer). Die Abgeltung von entsprechenden Mehrkosten wäre zu klären.

Gleisbaumaschinen, die eine Schotterreinigung durchführen: Abfallrechtlicher Hinweis zur ausschliesslichen Trockensiebung

In der Begleitgruppe zur vorliegenden Studie wurde die Frage aufgeworfen, weshalb in der Schweiz ausschliesslich die Trockensiebung, nicht aber das Waschen und Schärfe der Kornkanten durchgeführt werde. Nebst wirtschaftlichen Aspekten könnte ein Grund in der abfallrechtlichen Beurteilung liegen:

Die Bahnunternehmen beurteilen den Grobschotter in seinem Ist-Zustand als wiederverwendbar. Eine Behandlung des ins Gleisbett wieder eingebrachten Materials ist nicht erforderlich. Deshalb galten gemäss bisheriger Praxis die Gleisbaumaschinen zur Schotterreinigung nicht als Abfallanlagen (weitergehende Erläuterungen in [14] enthalten). Würden die Bahnunternehmen eine Schotterwäsche zur Entfernung der Schadstoffe an der Grobschotterfraktion und eine physikalische Aufbereitung (Verbesserung der Kantigkeit) einfordern, müsste dieser Prozesse unseres Erachtens als Verwertung von Abfällen bezeichnet werden (das Bahnunternehmen entledigt sich des Grobschotters im Ist-Zustand und bezieht vom Gleisbauer aufbereiteten Schotter). Die Gleisbaumaschinen wären nicht mehr Reinigungs- sondern Verwertungsanlagen. Somit müssten sie als Abfallanlagen taxiert werden.

Haltung Auftraggeberschaft: Auch Gleisbaumaschinen, die ausschliesslich eine Trockensiebung durchführen, sind Abfallanlagen.

6 Die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft im Kontext der Fahrbahnerneuerungen

6.1 Einordnung des vorliegenden Kapitels in die Gesamtstudie

Das Pflichtenheft zur Studie bzw. deren Titel "Verwertungspflicht des Gleisaushubs: Behandlungsverfahren und Verwertungspotenzial" stellt die Entsorgung des Gleisaushubs in den Vordergrund. Denn die Verwertung ist eine der beiden Formen der Entsorgungswege. Durch die Verwertung von ausgehenden Gesteinskörnungen aus dem Gleisbett werden Recyclingprodukte hergestellt. Die andere Form der Entsorgung ist die Beseitigung (im Sinne der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen), zu der im Wesentlichen die Ablagerung (Deponierung) zählt. Die Behandlung ist ein der Deponierung vorgelagerter Prozess: Sie beinhaltet die Entfernung von Schadstoffen aus Abfällen, um eine sichere Ablagerung zu ermöglichen.

Das vorangehende Kapitel 5 bezweckte, mit den Methoden der Fahrbahnerneuerungen (FbE) vertraut zu werden und die Leserschaft auf den direkten Zusammenhang zwischen FbE-Methode und anfallenden Gleisaushub zu sensibilisieren.

Das Folgekapitel 7 wird sich dem "Hauptthema" der Studie widmen, der Verwertung von Gleisaushub.

Das vorliegende Kapitel 6 versteht sich als Einschub, um sich – bevor die Entsorgung von Gleisaushub behandelt wird – den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft und deren direkten Bezug zur Fahrbahnerhaltung bzw. -erneuerung zu widmen.

6.2 Priorisierung beim Umgang mit Materialien aus dem Gleisbett

Die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft beinhalten eine Priorisierung beim Umgang mit Materialien und Stoffen. Abbildung 5 visualisiert diese Hierarchie in Bezug zur Fahrbahnerhaltung bzw. zur Fahrbahnerneuerung. Die in der "Pyramide" aufgeführten Umgänge mit Lockergesteinsmaterialien aus dem Gleisbett bedeuten:

Nutzungsdauer des Gleisbetts erhöhen

Mit der Erhöhung der Nutzungsdauer wird die Abfallmenge reduziert. Bei den im Gleisbett vorliegenden Gesteinskörnungen tragen folgende Massnahmen dazu bei:

- Durch Unterhaltsarbeiten wie Krampen/Stopfen und Schotterreinigung wird die Nutzungsdauer u.a. des Schotterbetts erhöht.
- Wenn Gleisbettung, Unterbau und Entwässerung den Anforderungen der AB-EBV [9] bzw. der Regelung R RTE 21110 [10] entsprechen,
 - sollte das Schotterbett bei Fahrbahnerneuerungen nicht durch neuen Gleisschotter komplett ersetzt werden müssen;
 - sollte der Unterbau bei Neubauten eine Nutzungsdauer von in der Regel 100 Jahren erreichen, wodurch die Häufigkeit von Unterbausanierungen reduziert wird.
- Ein spezielles Verfahren zur Erhöhung der Lebensdauer von Gleisschotter wurde in Deutschland entwickelt: Die sogenannte Verklebung verhindert die Verlagerung der Schotterkomponenten und reduziert damit den Abrieb infolge dynamischer Beanspruchung erheblich [27]. Dieses Verfahren wird von einem Unternehmer auch in der Schweiz angeboten. Der Einsatz wird laut Angaben des

BAV aus (sicherheits-)technischer Sicht kontrovers gesehen und diskutiert. Es stellt sich auch die Frage, welche Bedingungen bei der Entsorgung von verklebtem Schottermaterial gelten.

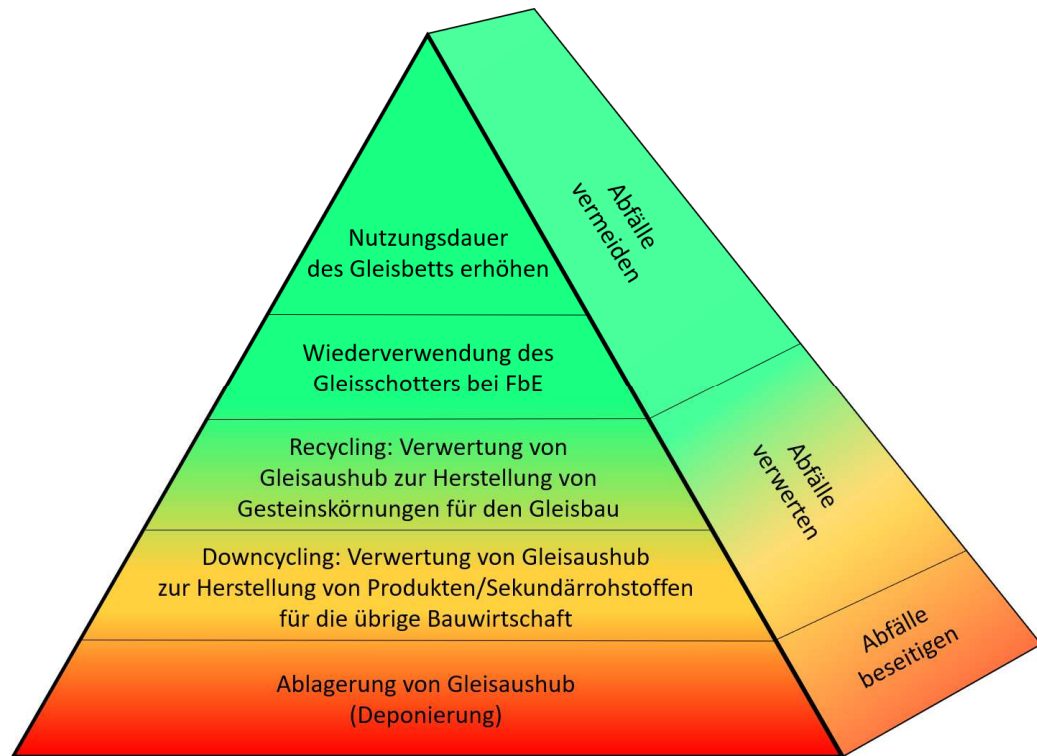


Abbildung 5
Priorisierung beim Umgang mit Gesteinskörnungen aus dem Gleisbett nach den Prinzipien der Kreislaufwirtschaft

Wiederverwendung des Gleisschotters bei Fahrbahnerneuerungen

Die Wiederverwendung im Sinne der Kreislaufwirtschaft versteht sich als Weiternutzung des Gleisschotters, der zwar im Zuge der Schotterreinigung zu einer "beweglichen Sache" (im Sinne des USG) wird, letztlich aber gemäss ursprünglicher Zweckbestimmung im Gleisbett verbleibt (vgl. Kapitel 5.2 und 5.3).

Haltung Auftraggeberschaft: Die Schotterreinigung gilt nicht als Wiederverwendung, sondern als Verwertung (Recycling).

Recycling: Verwertung von Gleisaushub zur Herstellung von Gesteinskörnungen für den Gleisbau

Unter Recycling wird generell die Gewinnung von Produkten und Rohstoffen aus Abfällen, die in den Produktionskreislauf zurückgeführt werden, verstanden. In der vorliegenden Studie unterscheiden wir in ein "echtes" Recycling und in ein Downcycling. Ein "echtes" Recycling liegt dann vor, wenn aus entsorgtem Gleisaushub Gesteinskörnungen hergestellt werden, die wiederum im Gleisbett als Ober- und Unterbaumaterial eingebracht werden. Dieser Vorgang wird im Folgekapitel 7 eingehend diskutiert. Es

sei vorweggenommen, dass in der Schweiz praktisch kein "echtes" Recycling des Gleisaushubmaterials existiert. Die Verwertung beinhaltet hierzulande vor allem ein Downcycling.

Downcycling: Verwertung von Gleisaushub zur Herstellung von Produkten/Sekundärrohstoffen für die übrige Bauwirtschaft

Werden aus Gleisaushub-Materialien Produkte bzw. Sekundärrohstoffe hergestellt, die nicht im Gleisbau, sondern in der übrigen Bauwirtschaft Verwendung finden, bezeichnen wir diesen Vorgang als Downcycling. Auch dieser Vorgang wird im Folgekapitel 7 detailliert dargelegt.

Ablagerung von Gleisaushub (Deponierung)

Mit der Ablagerung werden Sachen endgültig aus dem Umlauf gebracht. Nicht verwertbarer Gleisaushub wird unseres Wissens deponiert. Die Untersuchung von Beseitigungsverfahren war allerdings nicht Gegenstand der vorliegenden Studie. Es wurden auch nicht gezielt entsprechende Daten erhoben. Ein Interviewpartner der Bahnunternehmen teilte uns jedoch mit, dass bei stark kontaminiertem Gleisaushub momentan auch Alternativen zur Ablagerung geprüft werden, namentlich die Entsorgung in der Zementindustrie. Dieses äusserst sinnvoll erscheinende Beseitigungsverfahren sollte unseres Erachtens in der Arbeitsgruppe "Revision der Gleisaushubrichtlinie" vertieft angegangen werden.

7 Verwertung des Gleisaushubs

7.1 Perspektiven zur Schliessung von Kreisläufen

Die hier dargelegten Perspektiven gehen von einem geschlossenen Kreislauf der Hartsteinkomponente aus, welche bei Fahrbahnerneuerungen als Gleisaushub anfallen bzw. wieder ins Gleis eingebracht werden. Im Fokus stehen somit der Gleisschotter und der so genannte Kiessand PSS. Letzterer wird bei Erneuerungsvorhaben als einschichtiger Unterbau eingebaut. Der Kiessand PSS nimmt die Doppelfunktion einer Fundationsschicht und einer Sperrschicht¹² wahr. Die normativen Vorgaben an die Zusammensetzung und Eigenschaften des Kiessands PSS sind im R RTE 21110 [10] definiert. Früher wurde als Unterbaumaterial vor allem Wandkies verwendet, welcher beim Umbau älterer Gleisanlagen nach wie vor zutage tritt.

Ein geschlossener Kreislauf würde bedeuten, dass der aus Hartsteinkomponenten bestehende Gleisaushub nach erfolgter Aufbereitung wieder als Baustoff für den Gleisbau verwertet werden könnte. Es sei vorweggenommen, dass diese "Vision" nicht der Realität entspricht. Dies aus zwei Hauptgründen:

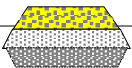
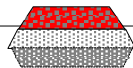
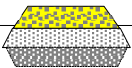
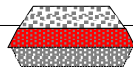
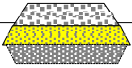
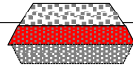
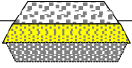
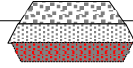
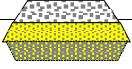
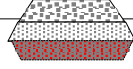
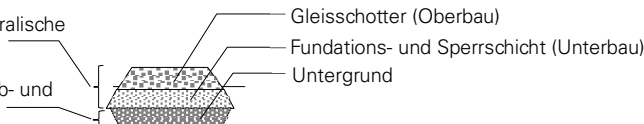
- Das technische Normenwerk der Schweiz lässt – mit wenigen Ausnahmen – eine Wiederverwertung von RC-Materialien im Gleisbau gar nicht zu.
- Aus der VVEA geht nicht hervor, welche schadstoffbezogene Anforderungen ans Recyclingmaterial, welches als ungebundene Gemische für die Erstellung von Bauteilen dient, gelten.

Auf die normativen Hürden wird weiter unten in den Kapiteln 7.2 und 7.3 näher eingegangen.

Das oben beschriebene Handicap hinsichtlich schadstoffbezogener Anforderung wird im Modul Bauabfälle [2] aufgegriffen. In Kapitel 4.5 legt die Autorenschaft der Vollzugshilfe dar, dass es in der VVEA keine Grenzwerte für die Verwertung von Rückbaumaterial gibt (Ausnahme: Asphalt, vgl. Art. 20 VVEA). Sie schlagen vor, dass hinsichtlich Verwertbarkeit in Analogie zum Aushub- und Ausbruchmaterial die Grenzwerte für A- und T-Material nach der VVEA beigezogen werden können. Wir unterstützen dieses Vorgehen, denn beim Ober- und Unterbau handelt es sich zwar um Baustoffe, sie liegen aber in ungebundener Form und auf unversiegeltem Terrain vor.

Tabelle 3 zeigt die Perspektiven eines geschlossenen Kreislaufs für Materialien aus dem Gleisbereich auf. Wir betonen, dass es sich bei der Spalte "Abfallrechtliche Qualitätsanforderung nach Behandlung" um einen Vorschlag handelt, der u.E. mit dem Modul Bauabfälle [2] konsistent wäre, aber nicht direkt aus der VVEA hervorgeht.

¹² Seitliches Ableiten des Meteorwassers auf der Planie (d.h. auf der Oberfläche der Unterbauschicht) zur Entwässerung hin.

Rückbau	Verwertung (inkl. Schad- stoffentfer- nung)	RC-Produkt	Abfallrechtliche Qualitätsanfor- derung nach Be- handlung	Verwendung beim Gleisbau	Zulässigkeit in der CH
Gleisschotter (Oberbau) 	Sieben, Waschen, Schwertwäsche	RC-Schotter	A- oder T-Material		In der CH aufgrund techn. Normen praktisch nicht zu- lässig
Gleisschotter (Oberbau) 	Sieben, Waschen, Brechen, Prallmüh- len, Versplitten	RC-Kiessand PSS	A- oder T-Material		In der CH aufgrund techn. Normen nicht zulässig
Kiessand PSS (Unterbau) 	Rudimentäre Be- handlung	RC-Kiessand PSS	A- oder T-Material		In der CH aufgrund techn. Normen nicht zulässig
Anderer U'bau (z.B. Wandkies) 	Analog Behandlung Aushubmaterial	RC-Kiesgemisch zur Untergrundver- stärkung (Materia- lersatz)	A-Material		Zulässig (mit Ein- schränkungen ¹³)
Unterbau und Untergrund ¹⁴ 	Analog Behandlung Aushubmaterial	RC-Kiesgemisch zur Untergrundver- stärkung (Materia- lersatz)	A-Material		Zulässig (mit Ein- schränkungen)
Legende:	<p>Bausubstanz → mineralische Bauabfälle</p> <p>Untergrund → Aushub- und Ausbruchmaterial</p>  <p>Gleisschotter (Oberbau) Fundations- und Sperrschicht (Unterbau) Untergrund</p>				

Gelb: Rückbau, rot: Erneuerung (Einbau)

Tabelle 3

Perspektiven eines geschlossenen Kreislaufs des Gleisaushubs

¹³ z.B. in Grundwasserschutzzonen

¹⁴ Bei Unterbausanierungen müssen häufig mehrere Dezimeter Untergrundmaterial mitausgehoben werden. Dies weil der bestehende Unterbau zu geringmächtig ist und/oder weil aufgrund unbefriedigender Eigenschaften des Untergrunds ein Materialersatz, d.h. eine Untergrundverbesserung erforderlich ist. Der Untergrund kann sowohl natürlich (gewachsener Untergrund) oder künstlich geschüttet sein (z.B. Dammmaterial).

An dieser Stelle noch eine Klarstellung zum Thema "Vermischungsverbot": Die nach Aufbereitung des Gleisaushubs hergestellten Produkte verlieren bei deren Rückführung in den Wirtschaftskreislauf ihren Status als Abfall. RC-Produkte dürfen somit vorbehaltlos mit unverschmutzten Materialien vermischt werden.

7.2 RC-Schotter: Situation in der Schweiz und Vergleich zu Deutschland

Begriffseingrenzung

Wie in Kapitel 2 dargelegt, verwenden wir im vorliegenden Bericht den Begriff "RC-Schotter" ausschliesslich für erworbenes Recyclingmaterial, d.h. für Gleisschotter, der das Produkt einer Verwertung von bereits zuvor verwendetem Gleisschotter ist.

Wir verweisen nochmals darauf, dass nach heute geltendem Regelwerk der aus einer gleisgebundenen oder gleisungebundenen Schotterreinigung gewonnene Grobschotter nicht in diese Kategorie fällt (vgl. Kap. 6.4 in [10]).

RC-Schotter: kein normiertes Produkt in der Schweiz

Die Anforderungen an die Eigenschaften des Gleisschotters sind in der europäischen Norm EN 13450 festgelegt (vgl. [8]). Gemäss EN kann Gleisschotter durch Aufbereitung natürlicher oder industriell hergestellter Materialien oder gebrochener, ungebundener, **rezyklierter Gesteinskörnungen** gewonnen werden. Die EN hat grundsätzlich den Status einer Schweizer Norm. Allerdings wird im entsprechenden nationalen Vorwort der SN 670110 der Anwendungsbereich der europäischen Norm massgebend eingeschränkt: *Die EN gilt ausschliesslich für **neuen**, ab Schotterwerk gelieferten natürlichen Gleisschotter.* Für RC-Schotter ist die EN-Norm in der Schweiz folglich nicht anwendbar.

Das R RTE 21110 bestätigt im Anhang A4.3.1 mit folgender Formulierung diese Eingrenzung: *Gleisschotter wird aus unverwittertem und wenig zerklüftetem bzw. gering tektonisiertem Felsgestein durch Sprengen und Brechen sowie anschliessender Siebung gewonnen und danach gewaschen oder entstaubt.* Auch hier geht man also von neu ab Steinbruch gewonnenem Material aus. Die Alternative, Gleisschotter aus rezykliertem Material herzustellen, wird nicht erwähnt.

Auch in der AB-EBV [9] wird bezüglich der einzuhaltenden Qualität von Gleisschotter auf die beiden Normen SN 670 110 und EN 13 450 verwiesen.

Fazit: Auf europäischer Ebene ist Gleisschotter ein Produkt, das von seiner Herkunft unabhängig ist, in der Schweiz ist Gleisschotter auf normativer Ebene ausschliesslich neuer Schotter, bzw. RC-Schotter ein "nicht-existierendes Produkt".

Es versteht sich von selbst, dass keine Projektverantwortlichen eines FbE-Vorhabens Interesse haben, ein nicht-normiertes Produkt zur Erneuerung der Fahrbahn einzuplanen.

Ausnahmen: Es gibt gemäss R RTE 21110 zwei Fälle, bei denen sinngemäss die Verwendung von RC-Schotter¹⁵ zulässig ist:

¹⁵ Der Begriff RC-Schotter wird im R RTE 21110 nicht verwendet. Die Norm spricht von "unverschmutztem gewaschenem Altschotter 32/50"

- Aufbau des Schotterbetts bei den Gleisbelastungsgruppen N4/E4 (Kap. 6.1)¹⁶
- Bau des Banketts (Kap. 4.8.3)

"Kein Markt" und "Graumarkt" in der Schweiz, offizieller Markt in Deutschland

Die meisten der angefragten Entsorgungsunternehmen geben an, dass es im Inland keinen Markt für RC-Schotter gäbe und deshalb kein wirtschaftliches Interesse an dessen Produktion bestehe (vgl. Kapitel 7.4). Nur eines der sechs befragten Entsorgungsunternehmen stellt "RC-Schotter" für Schweizer Abnehmer her. Der Begriff muss bewusst in Anführungszeichen stehen, weil es nach obigen Ausführungen dieses Material in der Schweiz gar nicht gibt. Auf unsere Frage, wofür dieser "RC-Schotter" eingesetzt werde, konnte der Interviewpartner keine schlüssige Antwort geben. Das Material werde wiederum an Gleisbauunternehmen verkauft (die den Entsorger auch mit Altschotter beliefern), er vermute, es diene für Abstellgleisanlagen, Bankettausbauten, Rügeli-Hinterfüllungen, Nachschotterungen beim Krampen und dergleichen. Wir schliessen daraus, dass es nur einen ganz kleinen "Graumarkt" für "RC-Schotter" gibt. Es sei nochmals betont, dass die Bahnunternehmen für FbE-Vorhaben auf den Haupttrassees keinen RC-Schotter verwenden dürfen.

Anders präsentiert sich die **Situation in Deutschland**. Unser Interview mit Vertretern der Deutschen Bahn (DB) ergab folgendes:

- Die DB blickt auf 20 Jahre Erfahrung mit RC-Schotter zurück.
- Heute beliefern 25 Schotteraufbereitungs-Unternehmen die DB mit RC-Schotter (zertifizierte Betriebe, werden überwacht).
- 2017 wurden 3 Mio. t Neuschotter und 0.5 Mio. t RC-Schotter eingekauft. Der Anteil RC-Schotter dürfte zwischenzeitlich gewachsen sein. Anvisiert wird langfristig ein Anteil von 25%.
- Der Bahnschotter besteht hauptsächlich aus Basalt (in der CH v.a. aus Kieselkalk)
- Die Rückgewinnungsrate (Menge an gewonnenem RC-Schotter im Verhältnis zur gelieferten Menge Altschotter, die bei der FbE anfällt) wird auf 20 bis 40% geschätzt. Ein Vertreter der DB nennt eine konkrete Zahl: Aus 5'000 t Altschotter werden rund 2'000 t RC-Schotter gewonnen.
- Was D von der CH klar unterscheidet: Die Norm legt die Qualitätsanforderungen für Schotter fest (LA-Test, Schlag-Zertrümmerung). Es gibt hierbei keine Unterteilung in Neuschotter oder RC-Schotter. Für beide Typen gelten dieselben Anforderungen. Eine Aussage mag auf den ersten Blick widersprüchlich anmuten, ist aber absolut nachvollziehbar: Der RC-Schotter weise zum Teil sogar eine höhere Qualität auf als der Neuschotter (die Schotterkörner, welche die Belastung nicht "aushielten" wurden im Gleisbett zertrümmert > sind bei der Aufbereitung Ausfallmaterial; nach der Aufbereitung bleiben nur die "edlen" Körner übrig).
- Das regulative Vorgehen sei absolut EU-konform (Norm 13.450).
- Vorgang: Abfallrechtliche Untersuchung (Chemie) > vermutlich ähnlich wie bei uns. Prozesse: Waschen (u.a. abhängig vom Schadstoffgehalt), Metallabscheider (Schrauben, Schwellenbefestigungen etc.) Sieben, Prallen (Prallmühlen). Wenn Material aus geotechnischer Sicht nicht geeignet oder die Nachfrage gerade niedrig ist, stellen die Unternehmen andere RC-Baustoffe (Kiesgemische, Splitt etc.) her.
- Vorbehalt: Kein Einsatz RC-Schotter in Grundwasserschutzzonen (wie in der CH > kein RC-Material für Wegebau etc. in Schutzzonen).

¹⁶ Für die Belastungsgruppen N4 (Neubauten) und E4 (Erneuerungsvorhaben) gilt eine Belastung von < 5'000 Bruttotonnen pro Tag. Dazu gehören in der Regel nur Abstellgleise/Stumpengleise.

- In Gebieten, wo es viele Steinbrüche gibt, hat der RC-Schotter einen schwereren Stand. Demgegenüber wird beispielsweise im Ruhrgebiet sehr viel RC-Schotter verwendet. Auch hat der RC-Schotter manchmal aufgrund des "Aussehens" ein bisschen einen schlechten Ruf (aber die Tests belegen dann, dass die Qualität absolut i.O. ist).
- Der schichtweise Abtrag (was bei uns in der CH bei Unterbausanierungen meist nicht gemacht wird) sei in D Standard.

Ohne Nachfrage investiert niemand in innovative Verfahren – Empfehlungen ans BAV

Es erübrigt sich, an dieser Stelle zu erläutern, welche technischen Innovationen bei den Entsorgungsunternehmen erforderlich wären, um aus angeliefertem Altschotter RC-Schotter herzustellen. Ohne Nachfrage investiert niemand in solche Anlagen. Die Nachfrage nach RC-Schotter kann nur gestärkt werden, wenn das Regelwerk entsprechend angepasst wird.

7.3 Kiessand PSS: RC-Materialien sind nicht zugelassen

Das R RTE 21110 legt klar fest, dass Kiessand PSS ein natürliches Produkt sein muss. Mit folgender Aussage wird dessen Herstellung durch die Verwertung von mineralischen Baustoffen (die im Fall von Gleisschotter aus Hartstein bestehen würden) explizit untersagt: *Es dürfen keine rezyklierten oder industriell hergestellten Gesteinskörnungen verwendet werden.* In einer Fussnote wird dies wie folgt begründet: *Bei rezyklierten Gesteinskörnungen ist die Homogenität der Gesteinskörnungen nicht oder nur bedingt vorhanden. Dies hätte eine intensivere Qualitätsüberwachung, variierende Einbauparameter (optimaler Wassergehalt, Trockendichte) sowie stark variierendes Verhalten bezüglich Wassergehaltsänderungen zur Folge.*

Dadurch wird ein mögliches Verwertungspotenzial des Gleisaushubs unterbunden. Dies widerspricht den Grundsätzen der geschlossenen Kreisläufe im Sinne des Berichts zur Grünen Wirtschaft [12]. Wir verfügen nicht über die Fachkompetenz, die im R RTE 21110 gemachten Aussagen zu beurteilen. Es erscheint uns jedoch angebracht, das "Verbot" zur Herstellung von Kiessand PSS aus Recyclingmaterialien kritisch zu überprüfen. Analog der Gleisschotter-Problematik gemäss Kapitel 7.2 sollten unseres Erachtens die Zusammensetzung und Eigenschaften dieses Unterbaumaterials normiert sein, nicht aber dessen Herkunft vorgegeben werden.

Ein Vorbehalt ist allerdings zu beachten: Vom gesamten Abbau an Hartstein beträgt die Gewinnungsrate an Gleisschotter erfahrungsgemäss lediglich knapp ein Drittel. Das übrige Material mit einem Durchmesser < 32 mm wird zur Herstellung von weiteren Hartsteinprodukten verwendet. Es liegt somit sowohl im Interesse der Schotterwerke als auch im Interesse der Bahnunternehmen, aus diesem "Ausschussmaterial" Kiessand PSS herzustellen. Zum jetzigen Zeitpunkt wäre die Verwertung von Gleisaushub zur Herstellung von RC-Kiessand PSS vermutlich redundant.

7.4 Interviews mit Entsorgungsunternehmen

Bahnbetriebe übergeben den Gleisaushub an private Entsorgungsunternehmen, welche diesen möglichst gewinnbringend verwerten und nicht verwertbare Rückstände beseitigen (Ablagerung auf Depone oder Weiterleitung an anderes Entsorgungsunternehmen). Gesetzliche Vorgaben beschränken sich auf abfallrechtliche Kriterien, nicht aber auf die Werterhaltung der Ausgangsmaterialien (Recycling anstatt Downcycling). Wie die Zusammenstellung der Resultate von Interviews mit sechs verschiedenen Entsorgungsunternehmen zeigt, schlägt sich dies in verschiedenen Strategien und verkaufbaren

Endprodukten nieder. Eine Werterhaltung des Hartsteins als Bahnschotter bzw. Hartsteinsplitt ist für Entsorgungsunternehmen nicht prioritär.

	Angelieferter Gleisaushub	Behandlung	Produkte	"Endkunde"
Unternehmen 1	Schotter Ausfallschotter	Waschen Brechen	Splitt	Strassenbau
Unternehmen 2	Schotter	Siebung Rudimentäres Waschen (professionelle Waschanlage 2023)	"RC-Schotter"	Gleisbauer Beimengung Kiesgemische
Unternehmen 3	40% Gemisch 40% Schotter 20% Bankett etc.	Waschen Brechen	Sand Splitt 5% "RC-Schotter"	Strassenbau Gleisbau
Unternehmen 4	2/3 Gemisch 1/3 Schotter	Waschen Schwertwäsche	v.a. "RC-Schotter"	Verm. Gleisumfeld
Unternehmen 5	2/3 Gemisch 1/3 Schotter	Separieren Waschen	Sand, Kies	Beimengung Kiesgemische Belagswerk Beton
Unternehmen 6	Gemisch, Schotter, Ausfallschotter	Keine eigene Aufbereitung (Zwischenhandel)	div. RC-Schotter	Beton Deutsche Bahn

Tabelle 4

Zusammenfassung Entsorgungsunternehmen: Verwertung und Beseitigung von Gleisaushub

Limitierend für eine Werterhaltung des Hartsteins wurde unternehmerseitig gesagt, dass die Qualität des angelieferten Gleisaushubs sehr variabel (Ausfallschotter, Schotter, Gemisch mit Unterbau und Untergrund) und vorgängig nur die chemische Klassifikation nicht aber die Qualität hinsichtlich Gesteinskörnung bekannt sei. Um Hartstein als solchen zu rezyklieren, müsste er auch möglichst sortenrein angeliefert und entsprechend deklariert werden. Zusätzlich besteht für RC-Schotter kein Markt. Für RC-Splitt hat sich herausgestellt, dass je nach geografischer Lage (weit weg von Hartsteinabbau-stellen), ein Verwertungspotential besteht. Wo genau die Endprodukte eingesetzt werden, entzieht sich in der Regel der Kenntnis der Entsorgungsunternehmen.

7.5 Heutige Praxis der Verwertung von Gleisaushub

Wie aus den in Kapitel 7.4 zusammengefassten Interviews mit Entsorgungsunternehmen hervorgeht, können wir keine allgemein gültigen Aussagen über die aktuellen Verwertungsarten von Gleisaushub machen.

Das BAFU verfügt über Daten zur Entsorgung kontrollpflichtiger Abfälle (B-, E-, und S-Material). In den vergangenen fünf Jahren wurden gut 50% des erfassten Gleisaushubs verwertet. Beim A- und T-Material, worüber erst in Zukunft statistisches Datenmaterial vorliegen wird, dürfte der Anteil deutlich höher liegen.

Es ist somit davon auszugehen, dass rund 60 bis 80% des Gleisaushubs wiederverwertet werden. Nach entsprechender Aufbereitung/Behandlung werden Kiesgemische bzw. Zuschlagstoffe hergestellt, die wiederum in der Bauwirtschaft Verwendung finden. Die umwelttechnischen Vorgaben an RC-Kiesgemische sind in der BAFU-Richtlinie 31/06 [3] festgelegt. Aus Gleisaushub hergestellte RC-Produkte erfüllen, da sie zu 100% aus (gebrochenem) natürlichem Material bestehen, die für den so

genannten *RC-Kiessand P* geltenden Anforderungen. Der RC-Kiessand P darf für alle in der genannten Richtlinie aufgeführten Anwendungen eingesetzt werden (vgl. auch [11]):

- in loser Form ohne Deckschicht
- in loser Form mit Deckschicht
- hydraulisch gebunden
- bituminös gebunden

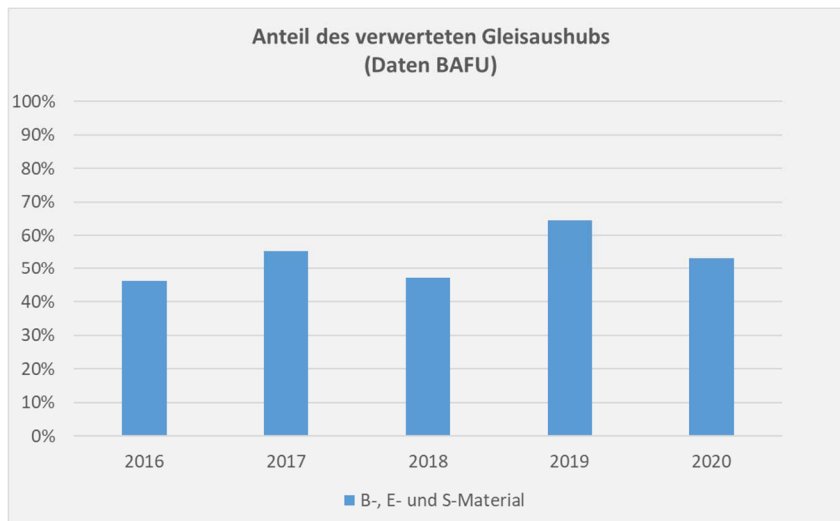


Abbildung 6

Verwerteter Gleisaushub als prozentualer Anteil am Total des entsorgten Gleisaushubs

Das BAFU verfügt über Daten zur Entsorgung kontrollpflichtiger Abfälle (B-, E-, und S-Material). Für A- und T-Material wird erst in einigen Jahren belastbares statistisches Datenmaterial vorliegen (Umsetzung Art. 6 und Art. 27 VVEA¹⁷).

Unseres Erachtens kann für den Gleisaushub von einem relativ hohen Niveau hinsichtlich der Schliessung von Materialkreisläufen ausgegangen werden. Es wäre aber nachhaltiger, RC-Produkte aus hochwertigem Hartgestein, dessen Primärressourcen aus verfahrenstechnischen Gründen sukzessive rückläufig sind¹⁸, als Ober- und Unterbaumaterial im Gleisbau zu verwenden. Normative Einschränkungen verunmöglichen heute einen solchen Einsatz.

Fazit: In der Schweiz findet gegenwärtig ein Downcycling und nicht ein "echtes" Recycling des Gleisaushubs statt.

7.6 Auf Bundesebene benannte Entsorgungswege und Endprodukte

Mit dem im Sommer 2021 aufgeschalteten Portal UVEK und der Anfang 2022 getätigte Migration der veva-online-Datenbank in dieses Portal ist das Auffinden von Nummern und Codes deutlich vereinfacht. Bis Ende letzten Jahres erweist sich die Suche nach den richtigen Nummern und Codes von

¹⁷ Die entsprechende Meldepflicht für A- und T-Material trat per 1. April 2020 in Kraft.

¹⁸ Hartsteinvorkommen gibt es viele in der Schweiz. Die Erfolgsaussichten, innert nützlicher Frist eine Abbaubewilligung für einen neuen Steinbruch zu erlangen, werden immer kleiner (Konflikte mit Natur- und Landschaftsschutz).

Abfalltypen, Beseitigungsverfahren (z.B. Deponierung), Verwertungsverfahren und aus der Verwertung gewonnener Produkte noch etwas umständlich. Heute ist die Handhabung, wie in Abbildung 7 dargestellt, einfacher.

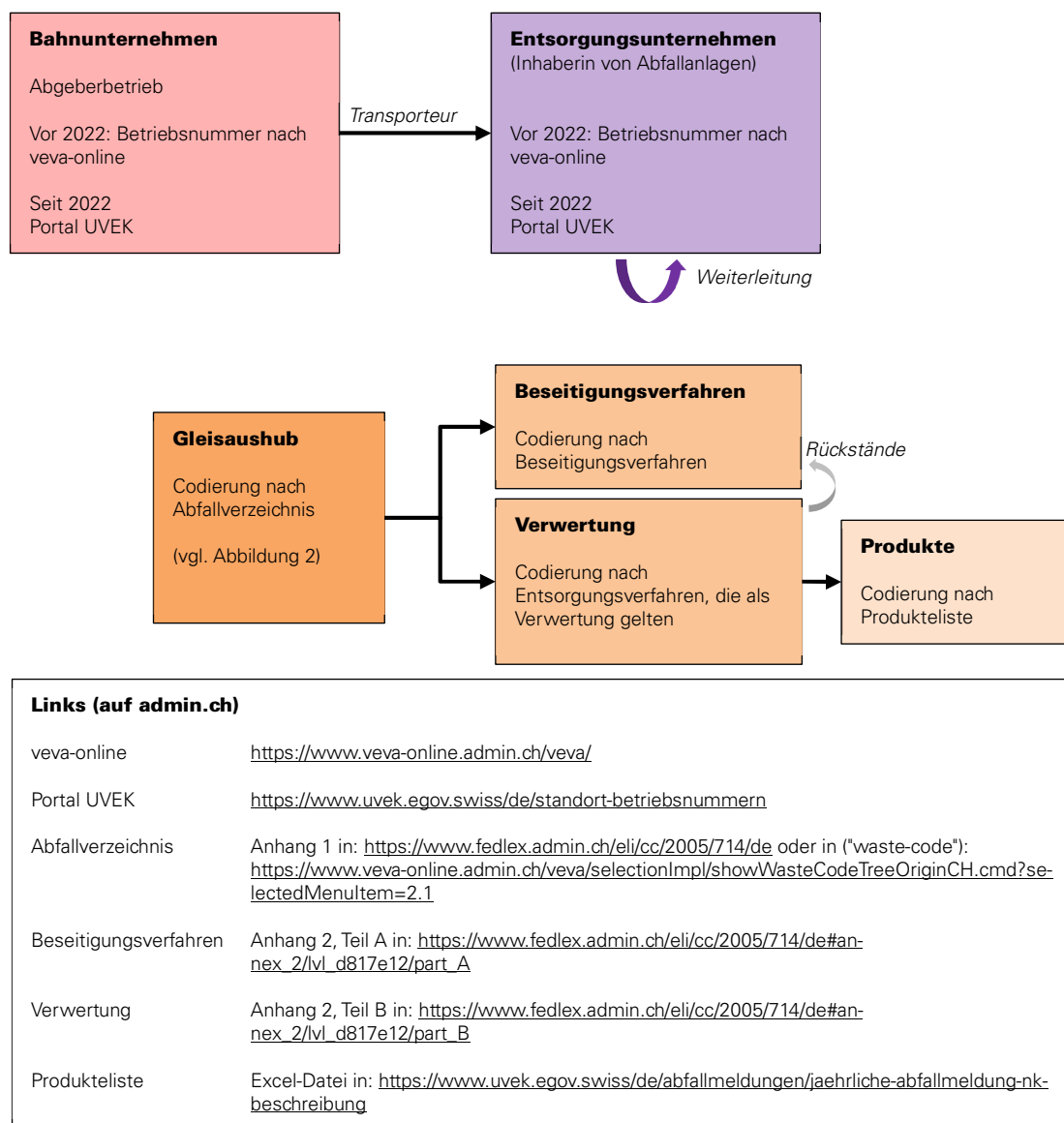


Abbildung 7
Nummern- und Code-System im schweizerischen Abfallwesen
Stand März 2022

Es würde den Rahmen dieser Studie sprengen, die in Abbildung 7 aufgeführten Listen und Anleitungen zur Datenbankeingabe auf die Kompatibilität der Gleisaushub-Entsorgung im Detail zu prüfen. Im Hinblick auf die Revision der Gleisaushubrichtlinie geben wir in Kapitel 9.2 einige punktuelle Anregungen.

8 Ergebnisse der Ökobilanzierung im Überblick

Die Ökobilanzierung der diversen Umbaumethoden und Entsorgungswege erfolgte durch die Firma Carbotech. Das Festlegen der durchzuführenden Berechnungen und die Begleitung der Arbeiten wurde durch die Auftraggeberschaft direkt wahrgenommen.

Die methodische Vorgehensweise und die Ergebnisse sind im beiliegenden Separatbericht beschrieben. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Auf die Ergebnisse der Ökobilanzberechnungen wirkt sich in erster Linie der Wiederverwendungsanteil von Gleisschotter bzw. die Reduktion des Bedarfs an neuem Schotter aus.
- Demzufolge weist die Schotterreinigung gegenüber anderen Umbaumethoden die weitaus geringeren Umweltauswirkungen auf.
- Die Verwertung von Altschotter zur Herstellung von mineralischen Baustoffen, die nicht für den Gleisbau eingesetzt werden, wird aus ökologischer Sicht nicht empfohlen. Viel besser wäre die Herstellung von RC-Schotter. Wird dieser ins Gleisbett eingebracht, kann der Bedarf an neuem Schotter reduziert werden.

Aus den Berechnungsergebnissen resultieren folgende Empfehlungen:

- Aus ökonomischer und ökologischer Sicht ist die gleisgebundene Schotterreinigung am effizientesten, falls der Ausfall aufbereitet bzw. verwertet wird. Es wird empfohlen, wenn möglich diesen Vorgang zu realisieren.
- In jedem Fall soll eine möglichst hohe Wiederverwendung des Gleisschotters als gereinigter Schotter oder eine Verwertung als RC-Schotter angestrebt werden (um letzteres zu ermöglichen, sind auch normative Anpassungen notwendig).
- Die Aufbereitung von Altschotter und Unterbau-/Untergrundmaterial hat besser getrennt als zusammen zu erfolgen.

9 Abschliessende Beurteilung und Empfehlungen zur Revision der Gleisaushubrichtlinie

9.1 Identifikation von Bereichen mit wesentlichem Handlungsbedarf

Planungs- und Rechtssicherheit

Der aus Sicht des Abfallrechts korrekte und aus Sicht der Kreislaufwirtschaft zukunftsorientierte Umgang mit Gleisaushub erfordert, dass die Bahnunternehmen bei der Projektierung von Fahrbahnerneuerungsvorhaben über entsprechende Planungs- und Rechtssicherheit verfügen. Beim Verfassen dieser Studie, den durchgeführten Interviews und den Diskussionen in der Begleitgruppe sind uns mehrere Punkte aufgefallen, die einer abschliessenden Klärung bedürfen (im Detail in Kapitel 3 erläutert):

- Schnittstelle Bahnunternehmen – Entsorgungsunternehmen
- Schnittstelle Bahnunternehmen – Kantone

Alles, was verfahrensmässig relevant ist, sollte in der Gleisaushubrichtlinie erläutert und geregelt werden.

Abfälle vermeiden

Gleisschotter, der den Nutzungsansprüchen noch gerecht wird, soll im Gleisbett belassen bleiben. So lassen sich sowohl die Abfallströme als auch der Bedarf an Neuschotter reduzieren. Eine Schotterreinigung ist wo immer möglich dem Schotterersatz vorzuziehen. Der Anteil an FbE-Abschnitten mit Schotterreinigung dürfte in der Schweiz bereits rund 50% ausmachen, könnte aber noch erhöht werden. Dazu sind Massnahmen in mehreren Bereichen erforderlich:

- Die Gleisaushubrichtlinie soll noch prägnanter die Schotterreinigung propagieren, unter dem Vorbehalt, dass die gesetzlichen Vorgaben in technischer Hinsicht eingehalten werden.
- Die baustellenbezogene, gleisungebundene Schotterreinigung durch mobile Anlagen soll gefördert werden. Ein grosses Potenzial liegt in der Rückführbarkeit von gebrauchstauglichem Schotter ins Gleisbett bei Umbauten, die bisher einen Schotterersatz erforderten (Planieverbesserungen und Unterbausanierungen). Ferner können gleisungebundene mobile Schotterreinigungsanlagen auch beim strassenbaumässigen Umbau eingesetzt werden.
- Die Gleisbauunternehmen sind dazu zu bewegen, vermehrt Gleisbaumaschinen zu entwickeln, die zwischen "Schotterreinigung" und "Schotterersatz" umstellen können. Dadurch wäre sichergestellt, dass nur dort der Bahnschotter ausgehoben und ausserhalb der Baustelle entsorgt wird, wo dies unbedingt nötig ist. Ferner sind heute reine Schotterreinigungsmaschinen auf die Bearbeitung des Schotterbetts limitiert. Die Schaffung eines Quergefälles der Planie mit Nachverdichtung ist mit solchen Gleisbaumaschinen mit wenigen Ausnahmen nicht möglich. Auch hier wäre ein Entwicklungsbedarf vorhanden.
- Langfristige Abfallvermeidung: Damit auch bei künftigen Fahrbahnerneuerungen weitgehend nur eine Schotterreinigung ausreicht, müssen Schotterbettdicke, Unterbau und Entwässerung reglementskonform (möglichst hohe Anfangsqualität [AB-EBV zu Art. 25. AB 25, Ziff. 1.7]) erstellt werden. Anzustreben ist eine Bettung, welche eine Nutzungsdauer von mehreren Schwellengenerationen aufweist.
- Methoden zur Verlängerung der Lebensdauer des Gleisschotters (z.B. Verklebung) sind weiter zu prüfen und gegebenenfalls vermehrt umzusetzen.

Haltung Auftraggeberschaft: Die Schotterreinigung dient nicht der Wiederverwendung, sondern der Verwertung von Gleisschotter.

Optimierungspotenzial bei der Verwertung von Gleisaushub

Mengenmässig kann der Verwertung von Gleisaushub ein hohes Niveau attestiert werden. Die gewonnenen Recyclingprodukte werden als Kies- und Sandgemische in den Produktionskreislauf der Bauwirtschaft zurückgeführt. Aus hochwertigem Hartgestein entstehen aber letztlich Materialien, die auch mit "minderwertigeren" Ausgangsprodukten hergestellt werden können. Ein geschlossener Kreislauf, bei dem aus abtransportiertem Altschotter wieder Bahnschotter gewonnen wird, existiert praktisch nicht. Um das heutige Downcycling in ein echtes Recycling überführen zu können, wären vor allem normative Anpassungen nötig:

- Der Gleisschotter soll ausschliesslich basierend auf dessen Eigenschaften und nicht zusätzlich aufgrund dessen Herkunft definiert werden. RC-Schotter soll beim Gleisbau nicht bloss für Nebengleisanlagen mit sehr geringer Belastung verwendet werden können.
- Durch oben genannte Anpassungen am Regelwerk ist ein "Markt" für RC-Schotter zu schaffen.
- Die Vorgabe, dass Kiessand PSS nicht aus RC-Materialien bestehen darf, ist zu überprüfen und gegebenenfalls aufzuheben.

Um der Verwendung von RC-Schotter im Gleisbau Aufwind zu verschaffen, wären in Zusammenarbeit zwischen BAV und Bahnunternehmen erste Teststrecken festzulegen, bei denen Recyclingschotter als Oberbaumaterial eingesetzt wird.

Wenn die normativen Hürden überwunden sind, wäre in der "Checkliste Umwelt für nicht UVP-pflichtige Eisenbahnanlagen" folgende Forderung denkbar: Die Bahnbetriebe sollen in den Umweltberichten darlegen, welche konkreten Massnahmen ergriffen werden, um die Kreislaufwirtschaft zu fördern (v.a. in Bezug auf den Bahnschotter). Das Verwertungsgebot ist momentan sehr allgemein formuliert (Bezugnahme auf VVEA in Kapitel 5.8 "Abfälle").

Datenmanagement, statistische Auswertungen

Zum heutigen Zeitpunkt lassen sich die Stoffflüsse bezogen auf den Gleisaushub nur bruchstückhaft rekonstruieren. Es bedarf einer gesamtschweizerischen Erfassung der Verwertungswege und Mengen des von FbE-Baustellen weggeführten. Zwei "Neuerungen" stellen gute Voraussetzungen dar, um dieser Forderung nachzukommen: (1) das Portal UVEK "Abfall und Rohstoffe", welches eine zentrale Datenerfassung erlaubt und (2) die Pflicht zur jährlichen Meldung nicht kontrollpflichtiger Abfälle durch die Betreiberinnen von Abfallanlagen (im Portal integriert).

Das Portal UVEK wird langfristig eine umfassende Analyse statistischer Daten erlauben. In der Gleisaushubrichtlinie ist die Anwendung dieses Tool zu erläutern.

Eine Lücke in der quantitativen Erfassung von Gleisaushub nach geltendem Abfallrecht besteht darin, dass ausschliesslich eine Unterteilung nach abfallrechtlicher Klassifikation vollzogen wird (Gleisaushub vom Typ A-, T-, B-, E- oder S-Material). Es ist aus den Unterlagen, welche den Behörden zugestellt werden, nicht ersichtlich, welche Mengen an Ausfallschotter, Altschotter, Unterbau- und Untergrundmaterial sowie Totalaushub anfallen. Auch fehlt eine statistische Erfassung der FbE-Abschnitte (in Längsmassen), bei denen eine Schotterreinigung bzw. ein Schotterersatz umgesetzt wurde. Vermutlich führen die Bahnunternehmen solche Mengenberechnungen durch, dies u.a. für die Ausschreibung der Fahrbahnerneuerungsvorhaben. Die Forderung der Bahnunternehmen wird sicher sein, nicht noch ein weiteres, neues Tool mit Daten bewirtschaften zu müssen. Wir sind aber zuversichtlich, dass im Dialog

mit den Bahnunternehmen eine zukunftsfähige Lösung zu finden ist. Hier einige Ideen als Diskussionsgrundlage:

- Revision des Abfallverzeichnisses in der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen: Spezifikation des Gleisaushubs sowohl nach abfallrechtlichen Kriterien als auch nach der Körnung (dürfte vor allem für A-, T- und B-Material sinnvoll sein).
- Oder Gliederung nach Gesteinskörnung (Ausfallschotter, Altschotter, Totalaushub) im Entsorgungskonzept. Das Entsorgungskonzept ist allerdings eine Deklaration in Papierform. Das BAV müsste die entsprechend eingehenden Daten in einer Datenbank zusammentragen.
- Oder Angabe der prognostizierten Teil-Abschnittslängen nach Erneuerungsmethode im BAV-Tool Webinterface Daten Infrastruktur (WDI)¹⁹
 - Nur Schotterreinigung, gleisgebunden
 - Nur Schotterreinigung, gleisungebunden
 - Unterbausanierung mit gleisungebundener Schotterreinigung
 - Schotterersatz ohne Unterbausanierung
 - Schotterersatz mit Unterbausanierung, getrennter Aushub
 - Schotterersatz mit Unterbausanierung, Totalaushub

Anhand des letztgenannten Vorschlags (WDI-Datenbank) liesse sich im Sinne einer Erfolgskontrolle die Zielerreichung der in dieser Studie vorgeschlagenen Massnahmen zu den Methoden der Fahrbahnerneuerung quantifizieren. Zusammengefasst wird empfohlen:

- Die Schotterreinigung ist, wenn immer möglich, dem Schotterersatz vorzuziehen.
- Die gleisungebundene Schotterreinigung soll vermehrt eingesetzt werden.
- Ist ein Schotterersatz unausweichlich und ist eine Unterbausanierung erforderlich, soll der Aushub getrennt erfolgen.

Abbildung 8 visualisiert eine solche Erfolgskontrolle anhand fiktiver Daten.

¹⁹ Website: <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/allgemeine-themen/fachthemen/vollzugshilfen/formulare/infrastrukturfinanzierung/wdi.html>

Datenauswertung BAV aus der WDI-Datenbank (fiktive Daten)

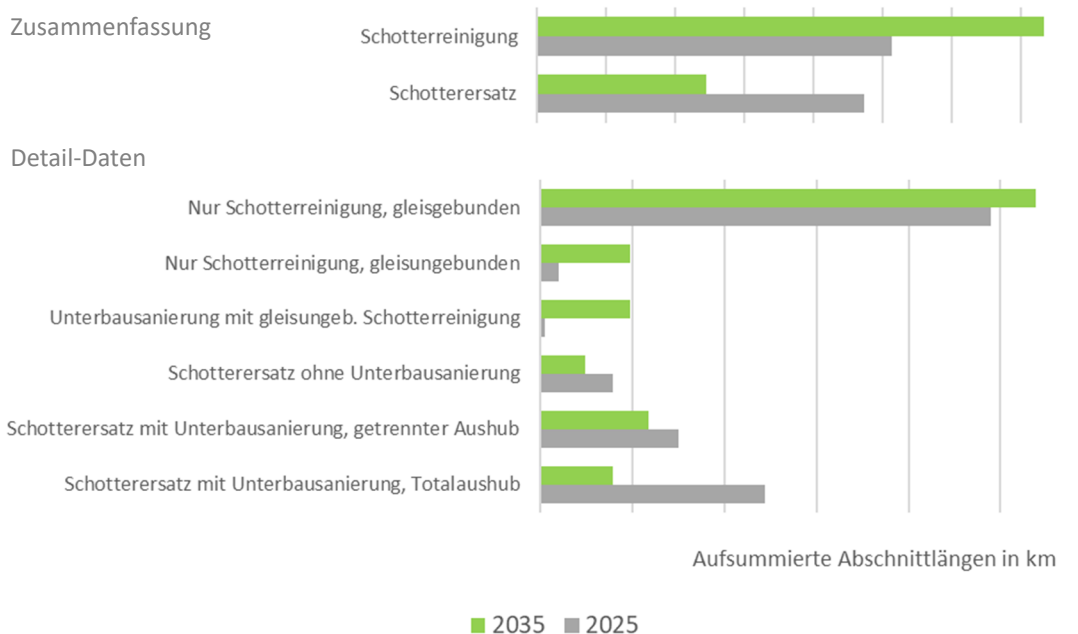


Abbildung 8

FbE-Methoden: Visualisierung einer Erfolgskontrolle

Für die Darstellung wurden rein fiktive Daten verwendet

Handlungsfeld "Praxisänderung"

Nach geltender Praxis werden gereinigter Grobschotter nicht als Abfall und Schotterreinigungsmaschinen nicht als Abfallanlagen erachtet. Aus den in [14] dargelegten Überlegungen empfehlen wir, an dieser Vorgehensweise festzuhalten. Sollte die von der Auftraggeberschaft anvisierte Praxisänderung umgesetzt werden und sind die Voraussetzungen dafür erfüllt²⁰, würde dies zahlreiche Massnahmen nach sich ziehen, die ebenfalls in [14] aufgelistet sind.

²⁰ Über die Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, um eine Praxisänderung umsetzen zu können, äussert sich beispielsweise das Bundesgericht in seinem Entscheid 4P.292 vom 22.12.2006.

9.2 Einzelne Detailempfehlungen

Die im vorangehenden Abschnitt genannten Empfehlungen werden in der Folge nicht wiederholt.

Begrifflichkeiten

1. Das bestehende Glossar der Gleisaushubrichtlinie ist zu ergänzen. Die Bedeutung der diversen Schotterbegriffe muss mit den geltenden Regelwerken konsistent sein und weitere Begriffe sind, wie in Kapitel 2 dargelegt, zu erläutern.
2. Verwertung wurde in der Vergangenheit oft fälschlicherweise mit Wiederverwendung verwechselt. In der revidierten Gleisaushubrichtlinie müssen die beiden Begriffe mit der Kreislaufwirtschafts-Terminologie konsistent sein.
3. Wir empfehlen den Begriff "Ausfallschotter" durch "Ausfallmaterial" zu ersetzen. Denn dieses Material enthält nicht die für Gleisschotter vorgegebene Körnung 32/50.

Schnittstelle Bahnunternehmen – Generalplaner

4. Durch den Rechtsdienst BAV ist in der Gleisaushubrichtlinie aufzuzeigen, welche Verantwortlichkeiten hinsichtlich Entsorgung des Gleisaushubs nicht an einen Generalplaner oder Totalunternehmer übertragen werden können.

Entsorgungskonzept und Entsorgungsplan

5. Das Aufzeigen eines "optimalen" Entsorgungskonzepts (Tabelle Entsorgung Gleisaushub) wäre in der Gleisaushubrichtlinie zu begrüssen. Folgende Vorlagen stehen zu Verfügung: Bestehende Gleisaushubrichtlinie, Checkliste Umwelt für nicht UVP-pflichtige Eisenbahnanlagen, Modul Bauabfälle, SIA 430²¹. Sie alle enthalten Empfehlungen zum Inhalt eines Entsorgungskonzepts (die sich alle ein bisschen unterscheiden). Wichtig scheint uns, dass nicht nur eine abfallrechtliche Kategorisierung erfolgt, sondern auch eine auf die Gesteinskörnung bezogene Aufteilung (Ausfallschotter, Altschotter, Unterbau-/Untergrundmaterial, Totalaushub).
6. Chargentrennung: Gemäss heutiger Richtlinie sei der getrennte Aushub gegenüber dem Totalaushub vorzuziehen. Das dürfte unseres Erachtens pointierter bzw. verbindlicher formuliert werden. Wenn der Schotter nicht komplett zerbrochen oder verlehmt ist, sollte ein Totalaushub die Ausnahme sein. Altschotter mit Unterbau und ggf. auch mit Untergrundmaterial zu vermischen, wird dem nachhaltigen Umgang mit Bahnschotter nicht gerecht. Dieser Grundsatz sollte sich auch im Entsorgungskonzept widerspiegeln.
7. Aktuell können äusserst paradoxe Situationen auftreten: Wenn ein Bahnunternehmen nach Art. 17 VVEA die Materialchargen getrennt aushebt und das nachgeschaltete Entsorgungsunternehmen das angelieferte Material wiederum vermischt, um daraus "minderwertige" Gesteinskörnungen in gebrochener Form herzustellen (Downcycling), werden die aus der VVEA hervorgehenden Prinzipien der Abfallwirtschaft nicht eingehalten. In der Arbeitsgruppe zur Revision der Gleisaushubrichtlinie sollen laut Angaben des BAV auch Vertreter der Entsorgungsbranche Einsitz nehmen. Gemeinsam mit Ihnen ist aufzuzeigen, wie selbst bei einem Downcycling durch getrennte Aufbereitung von Altschotter einerseits und Unterbau-/Untergrundmaterial andererseits eine optimale Verwertung erzielt werden kann.

²¹ Vernehmlassung der Neuauflage war Ende 2021 am Laufen.

8. Die Revision der Richtlinie wäre auch eine Chance, tabellarisch folgende Umrechnungsfaktoren darzulegen: m^3 fest zu m^3 lose, m^3 fest in Tonnen und m^3 lose in Tonnen (und dies für die wichtigsten Gesteinskörnungen wie Gleisschotter, grobkörniges Unterbau-/Untergrundmaterial, feinkörniges Untergrundmaterial). Man findet in Vollzugshilfen der BAFU und BAV einzelne Umrechnungsfaktoren, aber nirgends eine vollständige Zusammenstellung der für den Gleisbau relevanten Beträge. Für die Berechnung Gleisschotter m^3 fest wäre ausserdem der Korrekturfaktor für den Mächtigkeits-Term aufgrund der Schwellen anzugeben.
9. Die abfallrechtliche Klassifikation und die zu wählenden Entsorgungswege werden i.d.R. auf sogenannten "Belastungs- und Entsorgungsplänen" visualisiert. Die Richtlinie soll auf diese Visualisierungspraxis hinweisen und ein konkretes Beispiel zeigen.
10. Gegenwärtig werde die Beseitigung von stark verschmutztem Gleisaushub in der Zementindustrie geprüft. Diese Form der Beseitigung dürfte sicher sinnvoller sein als die Ablagerung in einer Deponie. Erste Erfahrungen der Bahnunternehmen zu diesem alternativen Beseitigungsverfahren sollen in die neue Richtlinie einfließen.

Abfallrechtliche Zulässigkeit einer Schotterreinigung

11. Wir empfehlen, in der revidierten Gleisaushubrichtlinie zu klären, in welchen Fällen eine Schotterreinigung unzulässig wäre bzw. aus abfallrechtlichen Gründen ein Schotterersatz unausweichlich ist. Weisen die chemischen Analysen des Gesamtschotterbetts S-Material auf, handelt es sich beim vorliegenden Gleisschotter um Sonderabfälle im Sinne des Abfallverzeichnisses nach Art. 2 VeVA. In diesem Fall dürfte die Entsorgung des gesamten Schottermaterials im öffentlichen Interesse sein²². Unter welchen Umständen diese Entsorgungspflicht auch beim Vorliegen von E-Material zutrifft (und damit eine Schotterreinigung unzulässig wäre), müsste in der Arbeitsgruppe Gleisaushubrichtlinie diskutiert werden. Unter Umständen spielt hierbei der Typ Entwässerung gemäss Anhang A8.5 des R RTE 21110 [10] ein massgebendes Entscheidungskriterium (z.B. könnte eine Schotterreinigung bei Vorliegen von E-Material als unzulässig erachtet werden, wenn die Entwässerung über die Typen 3a, 3b und 3c erfolgt).

Gleisungebundene Schotterreinigung

12. Die revidierte Richtlinie soll die gleisungebundene Schotterreinigung dezidiert propagieren. Um den Einsatz solcher Anlagen attraktiv zu machen, sind u.a. die Bedingungen aufzuzeigen, um den administrativen Aufwand zum Erlangen einer entsprechenden Bewilligung möglichst gering halten zu können. Aus unserer Sicht sind folgende Punkte zu berücksichtigen:
 - Temporäre, mobile Anlage, deren Betrieb an ein bestimmtes FbE-Vorhaben gekoppelt ist;
 - nur Sieben, kein Waschen (denn sonst würde Prozessabwasser anfallen, was die Bewilligungsfähigkeit verkomplizieren würde);
 - Metallabscheider i.O.;
 - der rückgewonnene Grobschotter darf ausschliesslich als Oberbaumaterial im Gleisbett wieder verwendet werden ("Wiederherstellung der Bausubstanz");
 - es dürfen keine Materialien aus anderen Baustellen gereinigt werden.
13. Es wäre zudem dienlich, in Zusammenarbeit mit den Kantonen eine Planungshilfe (Merkblatt) zu erstellen, welche auch Themen wie Lärm und Entwässerung beinhaltet.

²² Vgl. Erwägung 3.4.2 im Bundesgerichtsentscheid 1A/222/2005, Urteil vom 12.4.2006.

14. Es braucht unter den Bahnunternehmern einen Erfahrungsaustausch, denn momentan steht dieses Verfahren noch in den Kinderschuhen (obwohl die Gerätschaften vorhanden sind und die Methode technisch betrachtet keine besondere Herausforderung darstellt).

Ausfallschotter

15. Chemische Analysen des Ausfallschotters: Es muss unmissverständlich geklärt werden, wer für diese Untersuchungen zuständig ist (Bahnunternehmer, Gleisbauunternehmen), wie dies organisiert wird, bzw. unter welchen Bedingungen separate Analysen erforderlich sind. Die aktuell geltende Richtlinie zeigt zwar auf, ob eine Analyse in Abhängigkeit vom Schwellen- und Anlagentyp durchzuführen ist, nicht aber die Abhängigkeit vom Ergebnis der Untersuchung des Ausgangsmaterials.
16. Gegebenenfalls kann man aufgrund der Daten gemäss nachfolgender Empfehlung eine Schätzformel angeben: Schadstoffkonzentration Ausfallschotter = Umrechnungsfaktor x Schadstoffkonzentration Gesamprobe des Gleisschotters, die nach dem 3-Schaufeln-Prinzip entnommen wurde.²³
17. Die SBB verfügt bereits über einen Datensatz an chemischen Untersuchungen des Ausgangsmaterials (Schotterbett vor der Reinigung), des Grobschotters und des Ausfallschotters. Bei Bedarf veranlasst das BAV weitere Untersuchungen. Dies mit dem Ziel, über repräsentatives Datenmaterial zu verfügen.

Entsorgungswege und Recyclingprodukte

18. Betriebsnummer Abgabebetriebe (Bahnbetriebe): Früher handelte es sich bei Betriebsnummern ausschliesslich um "Büroadressen" der Bahnbetriebe (z.B. Standortadresse einer Region). Aus wenigen Einzelfällen ist uns bekannt, dass die Kantone zur Erleichterung des Begleitscheine-Handlings jeder Baustelle, wo begleitscheinpflichtige Abfälle anfallen, eine neue Betriebsnummer zuordnen. In der Richtlinie könnte dieser Prozess kurz erläutert werden (inkl. der Vorteile, wann und unter welchen Umständen für einzelne Baustellen eine separate Nummer zu lösen ist).
19. Verwertungsverfahren: Gemäss Informationen des BAV sollen in der Begleitgruppe zur Revision der Gleisaushubrichtlinie auch Vertreter der Entsorgungsbranche Einsitz nehmen. Mit diesen ist zu prüfen, ob die in der Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen aufgeführten Verfahren für die Erfassung der sinnvollerweise²⁴ bei der Verwertung von Gleisaushub anzuwendenden Verfahren korrekt abgebildet sind. In der revidierten Gleisaushubrichtlinie sind die entsprechenden Verwertungsverfahren kurz zu erläutern.²⁵
20. Produkteliste: Die heute veröffentlichte Liste auf dem Portal UVEK scheint wohl eher eine "Beta-Version" zu sein. Mit den Vertretern der Entsorgungsbranche ist die Produkte-Palette zu vervollständigen. Es soll hierbei ersichtlich sein, welche Hartsteinprodukte aus Gleisaushub hergestellt werden (RC-Schotter, RC-Hartsteinsplitt etc.)

²³ In [13] wird eine solche Umrechnungsformel angegeben, allerdings mit "umgekehrten" Voraussetzungen. Der Schadstoffgehalt des Abraummateri- als ist bekannt und man rechnet davon ausgehend den Schadstoffgehalt der Gesamprobe des Gleisschotter-Materials aus.

²⁴ Der Fokus ist hierbei aufs Recycling (statt Downcycling) zu legen.

²⁵ Analog dazu ist auch die Liste "Beseitigungsverfahren" zu prüfen, wobei diese unseres Erachtens vollständig und klar verständlich ist.

21. In der Gleisaushubrichtlinie (und ggf. in der VVEA) ist darzulegen, welche chemischen Anforderungen an RC-Materialien gelten, die im Gleisbau als Oberbau und Unterbau verwendet werden (bzw. künftig verwendet werden). In Kapitel 7.1 schlagen wir A- bis T-Qualität vor.

10 Weiteres Vorgehen

Die vorliegende Studie soll als Grundlage für die nächsten Schritte dienen. Angedacht war, in erster Linie Anstösse zur geplanten Revision der Gleisaushubrichtlinie zu erarbeiten. Die Ergebnisse unserer Recherchen machen deutlich, dass in ganz unterschiedlichen Bereichen ein Umdenken und ein Umsetzen von Massnahmen erforderlich ist. Darunter fallen auch Anpassungen technischer Regelwerke.

Massnahmen zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Gleisanlagen, das Vermeiden von Abfällen bei Fahrbahnerneuerungen und die Förderung eines "echten" Recyclings, das die Rückführung von Gesteinskörnungen ins Gleisbett ermöglicht, müssen gestärkt werden. Nur so lassen sich die Prinzipien der Kreislaufwirtschaft beim Gleisbau besser etablieren. Im Vordergrund steht die Schonung des Gleischotters. Dessen Primärrohstoff Hartstein stellt aus wirtschaftlichen und bewilligungstechnischen Gründen keine unerschöpfliche Reserve dar. Die Vernetzung der betroffenen Akteure und das gemeinsame Entwickeln von Strategien und Zielen ist Voraussetzung für einen achtsamen und verantwortungsvollen Umgang der im Gleisbau verwendeten Gesteinskörnungen.

Geotechnisches Institut AG



Daniele Biaggi

Christoph Strasser

Projektbearbeitung

D. Biaggi, Geologe SIA / CHGEOL^{cert}

M. Burn, Dr. phil. Nat.

Abkürzungen und rechtliche Grundlagen

Ämter

BAV	Bundesamt für Verkehr
BAFU	Bundesamt für Umwelt. Hinweis: Bei Referenzen älteren Datums wird jeweils auch BAFU angegeben (keine Nennung der Vorgängerorganisation BUWAL)
swisstopo	Bundesamt für Landestopografie. Hinweis: Beim Referenzieren beschränken wir uns auf die Nennung der swisstopo. Die zitierten Quellen stammen i.d.R. aus dem Fachbereich Landesgeologie der swisstopo.

Gesetze, Verordnungen

USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz USG), Stand 1.1.2021
VVEA	Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA), Stand 1.1.2021
VeVA	Verordnung über den Verkehr mit Abfällen, Stand 1.1.2020
VeVA-Listen	Verordnung des UVEK über Listen zum Verkehr mit Abfällen, Stand 1.1.2018
VPVE	Verordnung über das Plangenehmigungsverfahren für Eisenbahnanlagen. Stand 1.11.2014.

Internetportale

Portal UVEK	eGovernment UVEK: Abfall und Rohstoffe https://www.uvek.egov.swiss/de/abfall-rohstoffe
-------------	---

Projektierung, Ausführung

FbE	Fahrbahnerneuerung
PGV	Plangenehmigungsverfahren
UVP/UVB	Umweltverträglichkeitsprüfung/-bericht

Referenzen

Vollzugshilfen, Normen, Listen des UVEK

- [1] BAFU: Allgemeine Bestimmungen der VVEA. Ein Modul der Vollzugshilfe zur Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA). Entwurf zur Erarbeitung vom 20.11.2018.
- [2] BAFU: Bauabfälle - Ein Modul der Vollzugshilfe VVEA. 2020.
- [3] BAFU: Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle. Richtlinie 31/06, 2006.
- [4] BAFU: Wegleitung Abfall- und Materialbewirtschaftung bei UVP-pflichtigen und nicht UVP-pflichtigen Projekten. 2003.
- [5] BAV/BAFU: Checkliste Umwelt für nicht UVP-pflichtige Eisenbahnanlagen. Oktober 2010.
- [6] Bundesamt für Verkehr BAV. **Gleisaushubrichtlinie**, Planung von Gleisaushub, Beurteilung und Entsorgung von Gleisaushub, Stand 22.8.2018
- [7] Produkte-Liste für Abfallmeldungen. Excel-Datei, downloadbar unter:
<https://www.uvek.egov.swiss/de/abfallmeldungen/abfallmeldung-nk-fuer-mehrere-standorte-beschreibung>
- [8] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS. Schweizer Norm **SN 670 110**, nationales Vorwort und nationaler Anhang zur EN 13450: 2002. Gesteinskörnung für Gleisschotter.
- [9] UVEK. Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung **AB-EBV**, Stand 1.11.2020.
- [10] Verband öffentlicher Verkehr VÖV. **R RTE 21110**, Unterbau und Schotter, Normalspur und Metterspur, Stand 1.9.2015.

Weitere Referenzen

- [11] ARV: Reglement ARV-Gütesicherung Ausgabe für rezyklierte Gesteinskörnungen und RC-Kiesgemische. 29. März 2012.
- [12] BAFU: Massnahmen des Bundes für eine ressourcenschonende, zukunftsfähige Schweiz (Grüne Wirtschaft). Bericht an den Bundesrat. 19.6.2020.
- [13] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Gleisschotter und sonstigen Gleisausbaustoffen (Gleisschottermerkblatt). Merkblatt Nr. 3.4/2. Stand November 2017
- [14] Biaggi, D. (Geotechnisches Institut AG), Rechtliche Überlegungen zur Studie "Verwertungspflicht des Gleisaushubs". Schreiben ans BAV/BAFU vom 11.3.2022.
- [15] BLS AG: Netzzustandsbericht 2020.
- [16] Darr, E. und Fiebig, W., Feste Fahrbahn. Konstruktion und Bauarten für Eisenbahn und Straßenbahn. VDEI-Schriftenreihe. Eurailpress Tetzlaff-Hestra, Hamburg, 2006.
- [17] Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK), Mobilität und Raum 2050, Sachplan Verkehr, Teil Programm, Entwurf für die Anhörung vom 15.9.2020.

- [18] Giger, M., Finanzierung des Substanzerhalts mittels Leistungsvereinbarungen. Referat mit PPT-Präsentation, Eisenbahntag Burgdorf, 23.9.2021.
- [19] Hauke, R. und Auer, F., Bettungsreinigungsmaschinen – ein Überblick, in EI – Der Eisenbahningenieur, Mai 2016.
- [20] Masahiro Miwa. 50 Jahre Erfahrung mit Schotteroberbau auf der Tokaido Shinkansen-Strecke. Eisenbahntechnische Rundschau, Issue 07-08/2016.
- [21] Riebold, K. und Piereder, F., Gleisgebundene Unterbausanierungstechnologien, in Eisenbahn Ingenieur Kalender, 2010.
- [22] SBB AG: Bericht 2020 gemäss GRI-Standards. Dieser ist Bestandteil der SBB Jahresberichterstattung 2020. Er ist auf der Website www.sbb.ch/geschaeftsbericht in deutscher Sprache abrufbar.
- [23] SBB AG: Gleisschotter 32/50 Technische Spezifikation. Version 3.0 vom 28.7.2021.
- [24] SBB AG: Netzzustandsbericht 2020, SBB Infrastruktur, März 2021.
- [25] SBB AG: Statistikportal. <https://reporting.sbb.ch/?scroll=0>, Einsicht-Zeitraum Herbst 2021.
- [26] swisstopo (2021): Hartstein – Bedarf und Versorgungssituation in der Schweiz. – Bericht Landesgeologie (nur als pdf).
- [27] Terrasystem: Schotterverklebung im Gleisbau. Prospekt. Download Dezember 2021 unter www.terrasystem.de