

# FB 400-0206

## Untersuchungen im Schotterbett



Gültig ab: 01.12.2019  
Nächste Review: 01.12.2024  
Status: aktiv  
DMS ID und Version: 67001995, Version 2.0  
Dateiname: FB 400-0206 Untersuchungen im Schotterbett.docx

Unterschrift Freigebender

Norbert Krebs  
Leiter I-AT-FW-TAFB

Unterschrift Autor

Kilian Gerber  
I-AT-FW-TAFB-UGT

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines .....</b>	<b>4</b>
1.1	Ausgangslage, Ziele .....	4
1.2	Geltungsbereich .....	4
1.3	Mitarbeit am Dokument .....	4
1.4	Übergeordnete und zugehörige Dokumente .....	5
1.5	Begriffe und Abkürzungen .....	5
<b>2</b>	<b>Notwendigkeit von Untersuchungen im Schotterbett .....</b>	<b>5</b>
2.1	Übersicht der unterschiedlichen Untersuchungstypen .....	5
2.1.1	Geotechnische Untersuchung .....	5
2.1.2	Untersuchung im Schotterbett .....	6
2.1.3	Baugrunduntersuchung .....	6
2.2	Entscheidungsbaum für die Art der durchzuführenden Untersuchung .....	7
<b>3</b>	<b>Bestellung von Untersuchungen im Schotterbett .....</b>	<b>9</b>
3.1	Durch den Projektleiter abzugebende Unterlagen .....	9
<b>4</b>	<b>Planung der Untersuchungen .....</b>	<b>9</b>
4.1	In Gleisen .....	9
4.2	In Weichen .....	10
4.3	Über starrem Unterbau .....	10
<b>5</b>	<b>Durchführung der Untersuchungen im Schotterbett .....</b>	<b>11</b>
5.1	Öffnen und Wiederverfüllen der Sondierschlitze .....	11
5.1.1	Allgemeine Hinweise .....	11
5.1.2	Vorgehen .....	11
5.2	Zusammenfassung der Arbeitsschritte bei Untersuchungen im Schotterbett .....	14
5.3	Materialbedarf .....	14
<b>6</b>	<b>Ansprache des Schotterbetts .....</b>	<b>15</b>
6.1	Schotterreinigbarkeit .....	15
6.2	Stopfbarkeit .....	16
6.3	Schotterbettdicke .....	17
<b>7</b>	<b>Ansprache von Unterbau und Entwässerung .....</b>	<b>18</b>
7.1	Ansprache der Planie .....	18
7.2	Angabe der Verformbarkeit .....	18
7.2.1	Angabe der Verformbarkeit mittels Leichtem Fallgewichtsgerät (LFG) .....	18
7.2.2	Angabe der Verformbarkeit anhand des Schichtaufbaus .....	19
7.3	Angabe der Filterstabilität und der Frostsicherheit .....	20
7.4	Schlitzstabsondagen .....	20
7.5	Angabe der Entwässerungsverhältnisse .....	21
<b>8</b>	<b>Probenahme (chemische Schadstoffanalyse) .....</b>	<b>21</b>
8.1	Materialbedarf .....	22
8.2	Entnahmestelle .....	22
8.3	Probenentnahme bei FbE mit Schotterersatz oder Schotterreinigung .....	22
8.3.1	Probenentnahme bei FbE mit Unterbausanierung und Totalaushub .....	23
8.3.2	Probenentnahme bei FbE mit Unterbausanierung und getrenntem Aushub .....	23
8.4	Chemische Analyse .....	23
<b>9</b>	<b>Berichtserstellung von Untersuchungen im Schotterbett .....</b>	<b>24</b>
9.1	Inhalte der Berichte von Untersuchungen im Schotterbett .....	24
9.2	Ablage der Daten .....	25
<b>10</b>	<b>Änderungsverzeichnis .....</b>	<b>25</b>

## ANHANG

A1: Vorgehen beim Öffnen inkl. Darstellung – Normalfall

A2: Vorgehen beim Öffnen inkl. Darstellung – Spezialfall

A3: Vorgehen beim Öffnen inkl. Darstellung – Starrer Unterbau

B: Feldprotkoll (Beispiele) – Normalfälle und Spezialfälle

C: Dokumentation Fotos

D: Fotodokumentation Reinigbarkeit des Schotterbetts (Fokus Betrachtung Gleisachse)

E: Fotodokumentation Stopfbarkeit des Schotterbetts (Fokus Betrachtung Stopfbereich)

F: Fotodokumentation Notwendigkeit von Stopfarbeiten (Fokus Betrachtung Stopfbereich)

G: Fotodokumentation Schotterqualität

# 1 Allgemeines

## 1.1 Ausgangslage, Ziele

---

Im Vorfeld von Fahrbahnerhaltungen (FbE) oder Gleisbauprojekten in bestehenden Gleisanlagen müssen Informationen zum Zustand von Schotterbett und allenfalls von Unterbau, Untergrund und Entwässerung erhoben werden. Aufgrund dieser Informationen können dann die entsprechenden Umbaumassnahmen geplant werden.

In vielen Fällen geschieht dies durch eine **geotechnische Untersuchung**, welche vier Jahre vor der FbE durch I-AT-FW-TAFB-UGT organisiert oder im Rahmen eines Projektes durch PJ bei I-AT-FW-TAFB-UGT bestellt wird.

Die Notwendigkeit der Durchführung einer geotechnischen Untersuchung ist in Kap. 5.1 des RTE 21110 „Unterbau und Schotter“ definiert und gilt gleichermassen für FbE und Projekte.

Einfachere Fälle können mittels **Untersuchungen im Schotterbett** abgedeckt werden, welche meistens durch I-PJ-FBG-FB ein bis drei Jahre vor der FbE beauftragt werden – auch bei diesen Untersuchungen muss der größt mögliche Informationsgewinn angestrebt werden. Was diese Untersuchungen für Informationen liefern müssen, wird im vorliegenden Dokument aufgezeigt.

Vor den Gleis- bzw. Weichenumbauten müssen zudem **Schadstoffproben** zwecks Bestimmung des Entsorgungsweges entnommen werden. Die Sondierschlitz für die Schadstoffbe-  
probung müssen gleichzeitig für die Durchführung von Untersuchungen im Schotterbett genutzt werden.

Bei geotechnischen Untersuchungen ist diese Kombination gegeben.

Ausserhalb von bestehenden Gleisanlagen werden i. d. R. **Baugrunduntersuchungen** durchgeführt, welche meistens durch PJ (Fahrbahn oder Tiefbau) beauftragt werden. Die Resultate sind an I-AT-FW-TAFB-UGT zwecks Ablage im zentralen Archiv der geotechnischen Berichte abzugeben.

Das vorliegende Dokument definiert die Vorgehensweise bei Untersuchungen im Schotterbett. Zudem wird die Abgrenzung zu geotechnischen Untersuchungen dargestellt. Sondierschlitz sollen stets für einen möglichst hohen Informationsgewinn genutzt werden. Dies reduziert wiederholte Untersuchungen in kurzer Zeit an gleicher Stelle.

## 1.2 Geltungsbereich

---

Das vorliegende Dokument gilt für Untersuchungen im Schotterbett. Die Durchführung der geotechnischen Untersuchungen ist nicht Bestandteil dieses Dokumentes. Es ersetzt das Regelwerk I-50016 „Untersuchungen im Schotterbett“ V 3-0 vom 01.03.2015.

## 1.3 Mitarbeit am Dokument

---

Für die Erstellung des Dokuments diente nebst dem I-50016 sowie den Schulungsunterlagen zu Untersuchungsdurchführungen auch die im Jahr 2016 erstellte CAS Arbeit von A. Torres (I-PJ-RWT-FG), welche I-AT-FW-TAFB-UGT betreut wurde.

## 1.4 Übergeordnete und zugehörige Dokumente

Ergänzend zum R RTE 21110 „Unterbau und Schotter“ werden in diesem Dokument die Notwendigkeit und die Durchführung von Untersuchungen im Schotterbett festgeschrieben. Die Gleisaushubrichtlinie (BAV, 2018) beschreibt das Vorgehen für die Schadstoffbeprobungen. Die Entsorgung des Gleisaushubs ist in der Arbeitsanweisung «Umgang mit Gleisaushub» definiert. Darin finden sich auch die Begleitscheine für die Probenentnahme.

## 1.5 Begriffe und Abkürzungen

LFG	Leichtes Fallgewichtsgesetz (dynamischer Plattendruckversuch)
Verformbarkeit	Mit den Begriffen Verformbarkeit und Verformungsmodul wird das Verformungsverhalten von geotechnischen Tragsystemen der Eisenbahn bezeichnet. Mit der Verwendung des Begriffs Verformbarkeit anstelle des bisher im Verkehrswegebau verwendeten Begriffs Tragfähigkeit soll dem Umstand Rechnung getragen werden, dass der Begriff Tragfähigkeit (gemäss den aktuellen Tragwerksnormen) den Grenzzustand der Tragfähigkeit beschreibt, während dem der Begriff Verformbarkeit zum Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit gehört.

## 2 Notwendigkeit von Untersuchungen im Schotterbett

Die Bestimmung des Entsorgungsweges des Aushubmaterials sowie Aussagen zu Zustand, Dicke und Verschmutzungsgrad des Schotterbetts, Dicke und Beschaffenheit von Unterbau und Untergrunde sowie zum Fahrbahn-Entwässerungssystem können nur mittels Untersuchungen im Gleis erhoben werden. Es gilt das Prinzip, dass kein Umbau ohne vorgängige Untersuchung erfolgen darf. Es gibt folgende drei Untersuchungstypen:

- Geotechnische Untersuchung
- Untersuchung im Schotterbett
- Baugrunduntersuchung

Der Umfang der Untersuchungen ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wie im Folgenden aufgezeigt wird.

### 2.1 Übersicht der unterschiedlichen Untersuchungstypen

#### 2.1.1 Geotechnische Untersuchung

Gemäss Kapitel 5.1 des R RTE 21110 ist eine geotechnische Untersuchung in folgenden Fällen nötig:

Bei Gleisen der Gleisbelastungsgruppen<sup>1</sup> E1 und E2 immer, wenn

<sup>1</sup> Die Gleisbelastungsgruppen sind im R RTE 21110 Unterbau und Schotter, Kap. 3.6, definiert:

Bezeichnung	Gleisbelastungsgruppen Neubau (N) bzw. Erhaltung (E)			
	N1/E1	N2/E2	N3/E3	N4/E4
Künftige Gleisbelastung [GBRT/d]	> 30'000	15'000 – 30'000	5'000 – 15'000	< 5'000
Künftige Geschwindigkeit [km/h]	oder ≥ 160	oder ≥ 80	-	-

- ein Wechsel von Stahl- oder Holzschwellen auf Betonschwellen geplant ist,
- eine Erneuerung von Betonschwellen geplant ist,
- Stabilitätsprobleme der Fahrbahn resp. Unterbauprobleme bekannt sind oder
- bei einer höheren Gleisbelastung das Auftreten von Unterbauproblemen nicht ausgeschlossen werden kann.

Bei Gleisen der Gleisbelastungsgruppen E3 bis E4 ist eine geotechnische Untersuchung bei einem Wechsel auf Betonschwellen nur zwingend durchzuführen, wenn zugleich

- grössere Unterbauprobleme bestehen und
- wesentlich höhere Belastungen vorgesehen sind.

Die geotechnischen Untersuchungen müssen bei I-AT-FW-TAFB-UGT bestellt werden. In der Folge wird entschieden, ob I-AT-FW-TAFB-UGT die Untersuchungen selbst macht oder ein Drittbüro damit beauftragt. Die Berichte der geotechnischen Untersuchungen müssen durch I-AT-FW-TAFB-UGT kontrolliert werden, da sie zusätzlich die möglichen Umbaumassnahmen beinhalten.

In allen anderen Fällen von Untersuchungen in bestehenden Gleisanlagen sind Untersuchungen im Schotterbett (organisiert durch PJ) genügend.

Der geotechnische Bericht beinhaltet zudem Schadstoffbeprobungen. Allenfalls müssen zusätzliche Schadstoffbeprobungen im weiteren Verlauf der Projektierung durch PJ beauftragt werden (z. B. Eingrenzung von stark belasteten Zonen).

Auch bei ausgewiesenen bodenmechanischen Baugrundproblemen (Weichschichten, tiefgründige Damminstabilitäten), vorhandener Naturgefahren (Rutschungen, Überschwemmungen) und insbesondere für die Bestimmung der bestmöglichen Entwässerungsart sind die Ausführungen im geotechnischen Bericht oft nicht abschliessend. D. h. im weiteren Projektierungsverlauf sind entsprechende Abklärungen (z. B. Bohrungen, Hangsicherungsmassnahmen, Versickerungsversuche) durch PJ zu organisieren bzw. zu treffen.

## **2.1.2 Untersuchung im Schotterbett**

Untersuchungen im Schotterbett sind für alle Umbaumassnahmen an bestehenden Gleisen und Weichen vorzusehen, wo keine geotechnische Untersuchung gemäss Kap. 2.1.1 nötig ist; d. h. vor allem bei Gleisbelastungsgruppen E3 und E4.

Hierbei sind die Schadstoffbeprobungen und die Zustandsaufnahme von Schotterbett und Unterbau für die Festlegung der angemessenen Umbaumassnahmen durch PJ selbst zu organisieren.

Die durch PJ anhand der Untersuchungen im Schotterbett ausgearbeiteten Umbaumassnahmen werden durch I-AT-FW-TAFB-UGT geprüft.

## **2.1.3 Baugrunduntersuchung**

Baugrunduntersuchungen werden nötig, wenn Gleise auf zuvor anders genutzten Flächen erstellt werden sollen. Auch im Falle von seitlichen Schiebungen von mehr als 30 cm wird die Durchführung von Baugrunduntersuchungen nötig, da i. d. R. der Bereich der vorhandenen Foundationsschicht verlassen wird.

Die Baugrunduntersuchungen müssen eine geotechnische Ansprache des massgebenden Untergrunds beinhalten (Angabe Feuchtraumgewicht, Böschungswinkel, Kohäsion, Verformbarkeit, Frostgefährdung, Wasserempfindlichkeit, Baggerfähigkeit usw.). Auch die Abklärung der Sickerfähigkeit des Untergrundes sollte möglichst durchgeführt werden.

Diese Erhebungen dienen prinzipiell der Beurteilung ob der anstehende Baugrund alleine als Foundation dienen kann (z. B. bei unterklassigen Gleisen), wie die darauf einzubauende Fundationsschicht beschaffen sein muss bzw. ob der Baugrund vor dem Einbau einer Fundationsschicht ertüchtigt werden muss.

Bei seitlichen Schiebungen  $\leq 50$  cm kann die Beurteilung des Baugrundes in einfachen Fällen auch mittels Untersuchungen im Schotterbett bzw. geotechnischen Untersuchungen erfolgen. In diesen Fällen ist die Untersuchung mittels Bagger aufgrund der Nähe zur bestehenden Gleisanlage oft schwierig.

## **2.2 Entscheidungsbaum für die Art der durchzuführenden Untersuchung**

---

In Abbildung 1 ist der Entscheidungsbaum für die Bestimmung der Art der durchzuführenden Untersuchung dargestellt. Es handelt sich dabei um die drei Typen, welche in Kap. 2.1 näher beschrieben sind. Die Untersuchungen im Schotterbett sind mit „Normalfall“ und „Spezialfall“ gekennzeichnet. Die Unterscheidung der beiden Fälle ist im Kap. 5.1.2 erklärt.

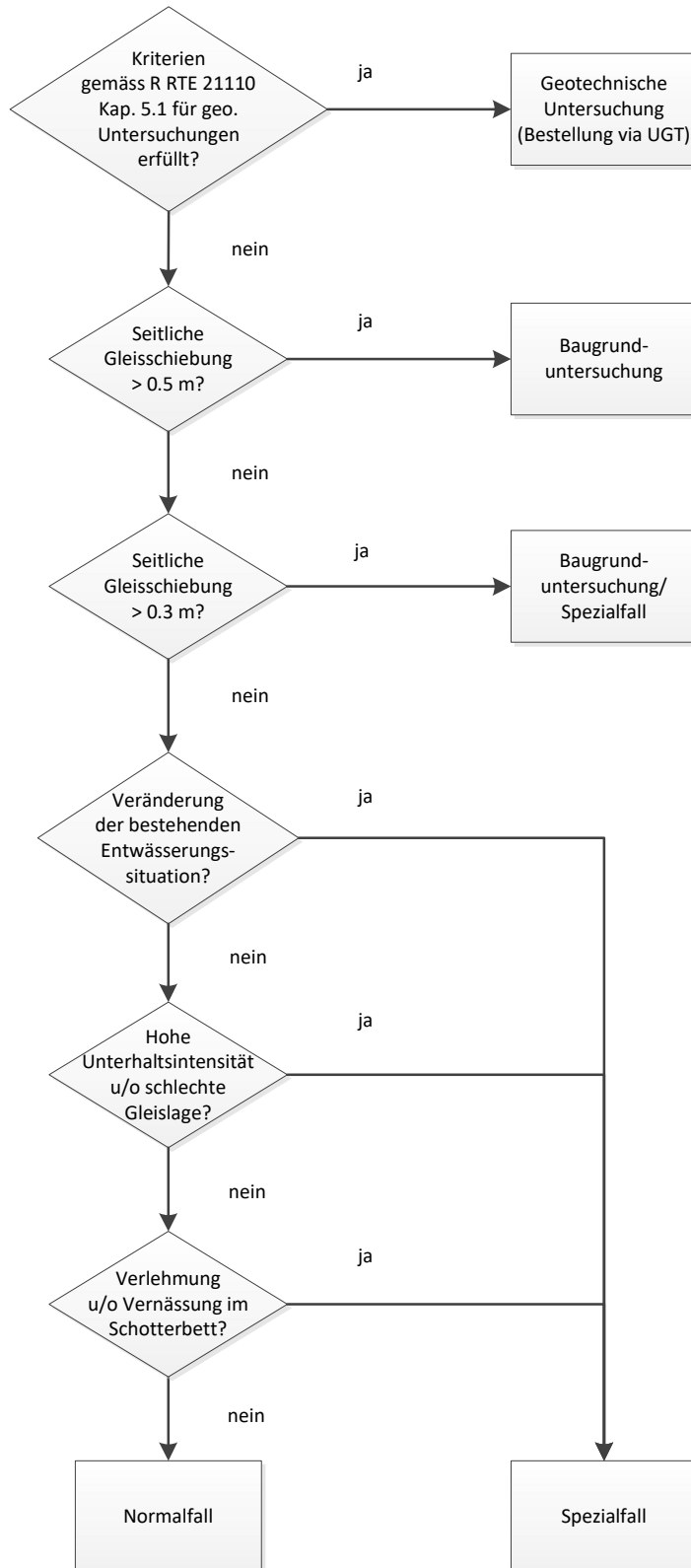


Abb. 1: Entscheidungsbaum für die Art der durchzuführenden Untersuchung in bestehenden Gleisanlagen; das Zurückgreifen auf eine geotechnische Untersuchung soll i. d. R. vermieden werden



## **3 Bestellung von Untersuchungen im Schotterbett**

### **3.1 Durch den Projektleiter abzugebende Unterlagen**

---

Für eine Untersuchung im Schotterbett sind die folgenden Unterlagen erforderlich:

- Sondierungsauftrag mit generellen Informationen wie künftige Gleisbelastungsgruppe und Orte, an denen Schotter- und Unterbauproben zwecks chemischer Analyse entnommen werden müssen. Der Projektleiter muss den Leiter der Untersuchung auch über folgende Punkte informieren:
  - ob ein Risiko einer Planieabsenkung besteht und welche Bereiche davon betroffen sind
  - ob ein Schwellenwechsel von Holz-/Stahl- auf Betonschwellen vorgesehen ist
  - ob es Bereiche mit erhöhtem Unterhaltsbedarf hat
  - ob das Diagnosefahrzeug Bereiche mit möglichen Mängeln entdeckt hat
- Lageplan
- Graphische Darstellung des Oberbaus bzw. Weichenblatt (inkl. Unterhaltsdaten)
- Messwagendiagramme bei Gleisen mit einer Länge > 500 m
- Vorgabedokumente: Feldaufnahmeprotokoll, Probenahmeprotokoll

## **4 Planung der Untersuchungen**

---

Die Festlegung der Sondierstellen von Untersuchungen im Schotterbett gemäss den folgenden Kapiteln erfolgt durch das damit beauftragte Drittbüro. Der auftraggebende Projektleiter prüft die vom Drittbüro vorgeschlagenen Sondierstellen vor Ausführung.

### **4.1 In Gleisen**

---

Für die Planung der Sondierstellen müssen die Unterlagen zum Unterhalt und die Diagramme des Diagnosefahrzeugs der letzten Jahre zwecks Lokalisierung möglicher Fehlstellen bzw. Stellen mit erhöhtem Unterhalt berücksichtigt werden.

Die Anzahl Sondierschlitze ist u. a. abhängig von:

- der Länge des Untersuchungsbereichs:
  - Länge < 500 m: alle 100 – 200 m
  - Länge > 500 m: alle 150 – 300 m
- der Topographie (Ebene, Damm, Einschnitt, Anschnitt, Tunnel) und anderen lokalen Bedingungen: kurze Strecken mit anderer Topographie (z.B. kurze Einschnitte) müssen dabei ebenso berücksichtigt werden, wie enge Platzverhältnisse, welche die Maschinenwahl oder die Entwässerung einschränken könnten. Dies kann zusätzliche Sondagen erfordern.
- des vorhandenen Oberbaus – insbesondere bei Wechsel des Schwellentyps und/oder des Schwellenalters.

Um den Untersuchungsaufwand zu begrenzen sollen auch die bezüglich Schadstoffanalysen notwendigen Untersuchungen mit den Untersuchungen im Schotterbett koordiniert werden (gemäss Gleisaushubrichtlinie), vgl. hierzu Kapitel 8.

Grundsätzlich sind für die abfallrechtliche Klassierung des Gleisaushubs chemische Analysen erforderlich. Einzig auf Streckengleisen ohne Holzschwellen kann vollständig auf chemische Analysen verzichtet werden.

Die Anzahl der zu entnehmenden Proben beträgt mindestens:

- Offene Strecke: 1 Probe alle 500 m Gleis
- Abstell- und Umschlaggleise: 1 Probe alle 250 m Gleis

## 4.2 In Weichen

---

Bei Weichen kann bezüglich Schadstoffgehalt grundsätzlich zwischen dem Bereich mit Zungenvorrichtungen und den übrigen Weichenbereichen unterschieden werden. Dabei gilt:

- Liegen Schadstoffanalysen nur für den Bereich der Zungenvorrichtung vor, so gelten diese Werte auch für die übrigen Weichenbereiche.
- Von diesem Grundsatz kann abgewichen werden, falls entsprechende Schadstoffanalysen für die übrigen Weichenbereiche vorliegen.

Die Unterhaltsdaten und allfällige bereits durchgeführte Unterbaumassnahmen sind anzugeben.

## 4.3 Über starrem Unterbau

---

Die Sondierschlitze über starrem Unterbau sind unabhängig der sonst gemäss Kap. 4.1 und 4.2 nötigen Sondierschlitze; d. h. sie sind zusätzlich zu diesen auszuführen. Dabei muss ein Sondierschlitz je starrem Unterbau

- bei engen Platzverhältnissen (Distanz näher gelegene Schiene – Bordüre  $< 1,8$  m) von der Gleisachse bis seitlich an die Bordüre
- Bei genügenden Platzverhältnissen (Distanz näher gelegene Schiene – Bordüre  $\geq 1,8$  m) im Schwellenfach von Schiene zu Schiene

geöffnet werden.

Auf offener Strecke müssen i. d. R. auch starre Unterbauten bis zu 50 m vor bzw. nach dem Untersuchungsbereich aufgenommen werden<sup>2</sup>. Die daraus allenfalls notwendigen Gleishebungen können Einfluss auf Bankettmassnahmen haben.

---

<sup>2</sup> Sofern die Schwellen über dem starren Unterbau vor über 5 Jahren neu verlegt wurden.

## 5 Durchführung der Untersuchungen im Schotterbett

---

Die Aufnahme der Sondierschlitz (Orientierung) erfolgt in Richtung aufsteigender Kilometrierung mittels der Vorlage für Feldprotokolle (vgl. Anhang B). Dabei müssen die seitlichen Abstände und Objekte gemäss den Vorlagen Anhang A gezeichnet und die Schichten beschrieben werden.

Im Folgenden wird der Ablauf der Untersuchungen kurz beschrieben. In den Kapiteln 6 bis 8 sind entsprechende weitergehende Informationen vorhanden.

### 5.1 Öffnen und Wiederverfüllen der Sondierschlitz

#### 5.1.1 Allgemeine Hinweise

---

Das Öffnen der Sondierschlitz sollte bei unsicherer Wetterlage nicht zu früh geschehen. Zudem sollten die Sondierschlitz bei grosser Hitze nicht über die ganze Breite des Schwellenfaches, sondern nur von Schiene zu Schiene (Normalfall) oder von ausserhalb des Schwellenkopfes bis zur Schiene ausgehoben werden.

Bei Niederschlägen kann die Durchführung einzelner Feldversuche unmöglich werden (z. B. Messungen der Verformbarkeit). Zudem können die gewonnenen Resultate aufgrund vorhandenem Wasser und Frost beeinträchtigt werden.

Die Witterungs- und Temperaturverhältnisse während den Sondagen müssen daher festgehalten werden. Bezüglich Wasserverhältnisse müssen auch die Niederschlagsmengen der Vortage ausgewiesen werden.

Bagger, Greifer etc. dürfen nur für den Aushub von Schotter **oberhalb** der Planie verwendet werden. Die Planie muss mittels Schottergabel freigelegt werden.

Ansonsten entstehen Schadstellen in der Planie bzw. im Unterbau.

Die Sondierschlitz müssen möglichst schichtweise wieder verfüllt und so gut wie möglich verdichtet werden (z. B. mittels Verdichtungsplatte auf der Planie). Muss z. B. in eine intakte Fundationsschicht gegraben werden, so ist der Aushub in einem Eimer o. ä. zwischenzulagern. Dadurch kann die Schicht anschliessend möglichst schadlos wiedereingebaut werden. Der Schotter ist wieder zu verfüllen und die Schwellen mittels Schottergabeln zu unterstopfen. Bei grosser Hitze und Öffnen eines Sondierschlitzes im Schwellenkopfbereich muss der Schotter im Anschluss i. d. R. gestopft werden.

#### 5.1.2 Vorgehen

---

Auf offener Strecke müssen die Sondierschlitz in der Gleisachse (Schiene – Schiene) geöffnet werden (vgl. Anhang A.1 und A.2). In Weichen müssen die Sondierschlitz ebenfalls über das gesamte Schwellenfach (Schiene – Schiene) geöffnet werden, da die Schwellenfächer oft kleiner sind. Die Schotteransprache erfolgt gemäss Kapitel 6; die Ansprache der Planie gemäss Kapitel 7.1.

**Normalfall:**

Ab Planie wird i. d. R. in der Gleisachse mittels Pickel und Schaufel – bei feinkörnigem oder sandigem Material auch mittels Handbohrer – bis mindestens 60 cm ab OK Schwelle zwingend jedoch bis 40 cm ab bestehender Planie geöffnet.

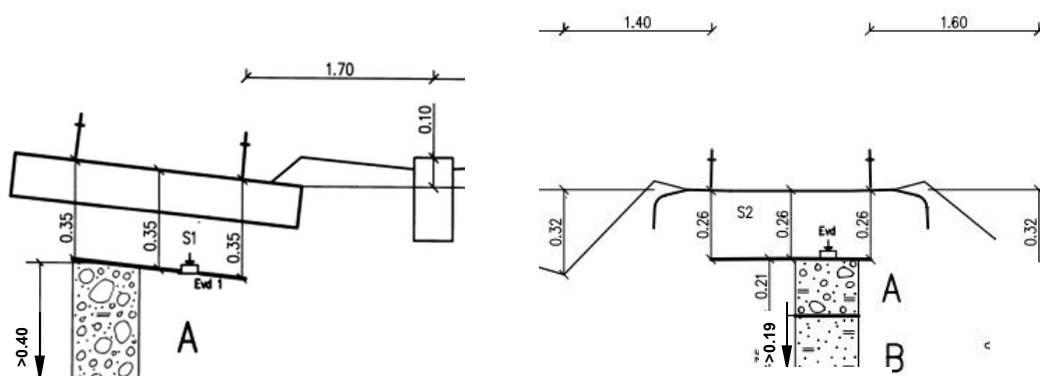


Abb. 2 und 3: Normalfälle inkl. seitliche Abstände, Angabe Schwellentyp (links Holz, rechts: Stahl), Öffnung der Planie von Schiene – Schiene, 3 Messungen der Vertikaldistanz OK Schwelle – Planie, Angabe der Schotterreinigbarkeit (S1 bzw. S2),  $E_{wd}$ -Messung auf der Planie, Sondage 40 cm ab Planie – in der Abbildung nicht sichtbar, jedoch im Beschrieb des Handschlitzes enthalten: Schotteransprache (Korngrösse, Kantigkeit), Stopfbarkeit; Planieansprache (Lagerungsdichte, Feuchtigkeit); Ansprache des Unterbaus (Materialart, Lagerungsdichte, Feuchtigkeit)

Die dabei angetroffenen Schichten sind gemäss Kapitel 7 zu beschreiben und photographisch festzuhalten. Die nötigen Aussagen zur Verformbarkeit auf der Planie (gemäss Kapitel 7.2) sind ebenso festzuhalten wie die Aussagen zum Entwässerungssystem (gemäss Kapitel 7.5). Allenfalls muss noch eine Schadstoffbeprobung durchgeführt werden (gemäss Kapitel 8). Normalerweise ist der Sondierschlitz an dieser Stelle beendet.

#### Spezialfall:

Bei folgenden Fällen muss von diesem Vorgehen ab Planie abgewichen werden:

- Hohe Unterhaltsintensität aufgrund der Grundlegendaten (Graphische Darstellung des Oberbaus bzw. Weichenblatt)
- Sehr schlechte Gleislage (Längshöhenfehler gemäss Messwagendiagramm in der Nähe des Toleranzbereiches)
- Seitliche Gleisschiebungen  $> 0,3$  m
- Veränderung der bestehenden Entwässerungssituation (z.B. Bau eines Perrons, einer Rampe o. ä.)
- Vorhandene Verlehmungen im Schotterbett
- Vorhandene Vernässung im Schotterbett

Trifft einer dieser Punkte auf die Untersuchung zu, so muss der Sondierschlitz bis auf mindestens 80 cm ab OK Schwelle zwingend mindestens 40 cm ab bestehender Planie geöffnet werden. Materialbeschreibung, Abschätzung der Verformbarkeit und Aussagen zum Entwässerungssystem müssen ebenfalls gemäss Kapitel 7 ausgeführt werden.

Zusätzlich muss im Bankettbereich (in ca. 1,5 m Distanz seitlich ab Schiene und somit profilfrei) eine Schlitzstabsondierung gemäss Kapitel 7.6 ausgeführt werden.

Endet die Untersuchung in einem feinkörnigen Material, so muss davon eine Bodenprobe entnommen werden und im Labor die Korngrössenverteilung sowie die Plastizitätseigenschaften bestimmt werden.

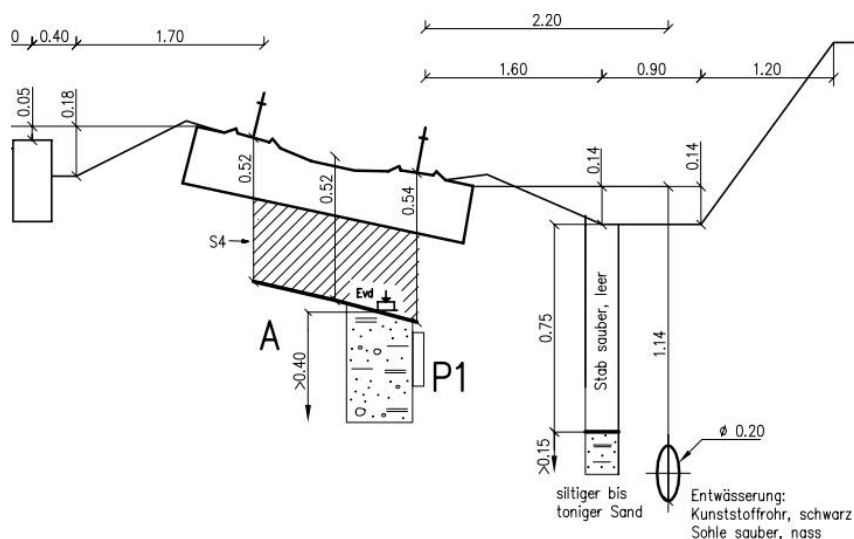


Abb. 4: Spezialfall (Verlehmung im Schotterbett) inkl. zusätzlicher Schlitzstabsondierung und Bodenprobe (P1) – in der Abbildung nicht sichtbar, jedoch im Beschrieb des Handschlitzes enthalten: Schotteransprache (Korngrösse, Kantigkeit), Stopfbarkeit; Planieansprache (Lagerungsdichte, Feuchtigkeit); Ansprache des Unterbaus (Materialart, Lagerungsdichte, Feuchtigkeit) sowie allfällige ergänzende Bestimmung der Konsistenz der Feinanteile

Typ	Inhalt	Zusatz	Minimale Sondiertiefe
<b>Normalfall</b>	Schotterbettansprache Kapitel 6 Planieansprache Kapitel 7.1	-	60 cm ab OK Schwelle, jedoch stets 40 cm ab bestehender Planie
<b>Spezialfall</b>	Angabe Verformbarkeit auf der Planie Kapitel 7.2 Beurteilung Entwässerung Kapitel 7.5	- Schlitzstabsondage Kapitel 7.4 - falls feinkörniger Boden er- reicht: Entnahme Boden- probe und Laboranalyse Korngrössenverteilung und Plastizitätseigenschaften	80 cm ab OK Schwelle, jedoch stets 40 cm ab bestehender Planie

Tab. 1: Übersicht der beiden Typen von Untersuchung im Schotterbett und deren Inhalte sowie minimale Sondiertiefen

#### **Starrer Unterbau:**

Über starrem Unterbau müssen die Sondierschlitz zwischen Gleisachse und seitlicher Bordüre geöffnet werden (vgl. Anhang A.3). Die Kenntnis der zur Verfügung stehenden Platzverhältnisse ermöglicht die spätere Wahl der Umbaumaschine. Daher muss der Sondierschlitz bei den engsten Verhältnissen (z.B. asymmetrische Gestaltung von Fahrbahn und Bauwerk) geöffnet werden. Es ist darauf zu achten, die Schutzschicht bzw. die Abdichtung der Brückenplatte nicht zu verletzen. D. h. es dürfen keine Untersuchungen mittels Schlitzstab o. ä. durchgeführt werden.

#### **Seitliche Hindernisse:**

In Bereichen mit seitlichen Hindernissen (Perronanlagen, Mauern, Bordüren) muss zusätzlich die seitliche Distanz sowie die Form des Fundamentes mittels Sondierschlitz aufgenommen werden. Die Feststellung der Tiefe des Perronfundamentes darf auch mittels Schlitzstabsondage erfolgen, da hier nicht die Gefahr der Verletzung einer Abdichtung besteht. Nahliegende Hindernisse können die Wahl der Baumaschinen einschränken.

## 5.2 Zusammenfassung der Arbeitsschritte bei Untersuchungen im Schotterbett

---

- Bestellung / Grundlagen sichten / Planung Sondierschlitz (vgl. Kap. 3 und 4)
- Fotografieren Übersicht Standort Sondierschlitz (vgl. Anhang C)
- Einmessen Gleisüberhöhung und Höhen/Distanzen Kabelkanal / Bankett / Böschung
- Öffnen Sondierschlitz Schiene – Schiene (vgl. Kap. 5.1)
- Ansprache Schotterbett (gemäss Kap. 6)
- Fotografieren Querschnitt Schotterbett / allenfalls Stopfbereich und / oder Details (z. B. Verlehmungen) (vgl. Anhang C)
- Ansprache Planie (gemäss Kap. 7.1)
- Evtl. Messung dynamischer Verformungsmodul  $E_{vd}$  mittels Leichtem Fallgewicht auf Planie (gemäss Kap. 7.2.1)
- Aufnahme des Unterbaus / anstehenden Materials bis 40 cm unterhalb der Planie (evtl. bis 80 cm ab OK Schwelle) inkl. Materialbeschreibung (Zusammensetzung Haupt- und Nebenteile, Lagerungsdichte, Feuchtigkeit), Schichtdicken, sichtbare Verlehmungen, evtl. Probenahme für bodenmechanische Laboranalyse
- Fotografieren Material (visueller Eindruck im Sondierloch sowie Ansicht Aushub) / Details (Vernässungen / Verlehmungen)
- Abschätzen  $M_{E1}$ -Wert anhand Schichtaufbau, wo  $E_{vd}$ -Messung nicht nötig oder möglich bzw. Verifizieren  $E_{vd}$ -Wert aufgrund des 40 cm tief aufgeschlossenen Materials evtl. inkl. Bestimmung der Konsistenz mittels alternativer Methoden (gemäss Kap. 7.2.2)
- Evtl. Durchführung Schlitzstabsondage im Bankett (vgl. Kap. 7.4)
- Aufnahme der vorhandenen Entwässerungsleitungen (Schächte, vgl. Kap. 7.5) sowie Klassierung der Entwässerungsart (schadlos / verzögert / schadhaftes Abfliessen/Versickern)
- Allenfalls Probenahme für chemische Analyse (vgl. Kap. 8)
- Schichtweises Schliessen Sondierschlitz(e) (vgl. Kap. 5.1)
- Berichtserstellung (vgl. Kap. 9)

## 5.3 Materialbedarf

---

- Sicherheitskleidung
- Saubere Schaufel (chem. Probenahme)
- Pickel mit kurzem Griff
- Locheisen, Schottergabel, Pickel, Schaufel und Schotterrechen (durch Unterstützung mitzubringen)
- Leichtes Fallgewichtsgerät LFG, Batterien
- Taschenpenetrometer, Drehflügelsonde und/oder CBR-Feldnadel
- Schreibmaterial
- Fotoapparat
- Doppelmeter
- 3 m – Messlatte mit integrierter Wasserwaage (max. 3 m lang; Holz / Kunststoff, keine elektrisch leitende Messlatte)
- Genügend Eimer und Deckel für Schadstoffproben
- Reiss- und wasserfeste Gebinde (Plastiksäcke) für bodenmechanische Proben
- Etiketten und wasserfeste Stifte

## 6 Ansprache des Schotterbetts

Die Ansprache des Schotterbetts umfasst folgende Hauptkriterien, welche in den folgenden Kapiteln näher beschrieben werden:

- Reinigbarkeit (inkl. Herkunft der Verschmutzung sowie Festigkeit und Korngrösse der Schotterkörner)
- Stopfbarkeit
- Dicke des Schotterbetts

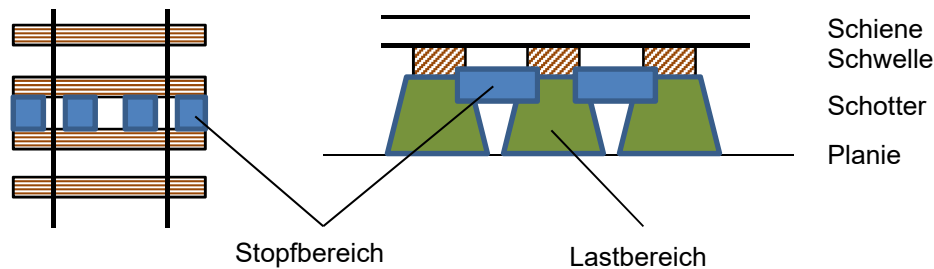


Abb. 5: Grundriss (links) und Aufriss (rechts) des Oberbaus mit Darstellung der Stopf- und Lastbereiche im Schotterbett

### 6.1 Schotterreinigbarkeit

Die Ansprache des Schotterbetts bezüglich Reinigbarkeit erfolgt mittels folgender Klassierung (Fotos vgl. Anhang D):

- S1: gering mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt; gut stopf- und reinigbar
- S1-2: gering bis mittelmässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt; gut stopfbar und reinigbar
- S2: mittelmässig mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt; (stopf-) und reinigbar
- S3: stark mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt (allenfalls auch seitlich eingeschwemmte Feinanteile); nicht mehr wirksam stopf- und reinigbar
- S4: verlehmt mit Feinanteilen aus dem Unterbau / Untergrund; nicht mehr wirksam stopf- und reinigbar

Für die Reinigbarkeit (i. d. R. mechanische Trockensiebung) ist jeweils der Bereich 2,2 m ab Gleisachse relevant. Im Stopfbereich sind die Schotterkörner i. d. R. stärker zerbrochen. Oberhalb der Planie weist das Schotterbett einen höheren Gehalt an Schotterbruch, Schotterabrieb und Betriebsschmutz auf.

Die Reinigbarkeit des Schotters ist dann gegeben, wenn die Einzelkörner nicht zusammenkleben. Bilden sich durch vorhandene kohäsive Feinanteile Aggregate, welche durch mechanische Siebung nicht getrennt werden können, ist die Reinigbarkeit nicht mehr gegeben. Dies kann vor Ort durch das Lösen mittels Pickel verifiziert werden: Fallen beim Herauslösen ganze Aggregate zu Boden, ist die Reinigbarkeit nicht mehr gegeben.

Stammen die kohäsiven Feinanteile aus Schotterabrieb oder seitlichem Eintrag, handelt es sich um die Reinigbarkeitsklasse S3. Stammen die kohäsiven Feinanteile aus dem Unterbau / Untergrund, handelt es sich um die Reinigbarkeitsklasse S4.

Voraussetzung für die Reinigung des Schotters ist eine ungefähr normale Korngrössenverteilung; bei hohem Unter- und Überkornanteil erhöht sich der Ausfall entsprechend (Abstufung S1 bis S2). Vor Ort kann mittels Schottergabel verifiziert werden, ob noch genügend nominelle Korngrösse vorhanden ist: Körner mit Durchmesser < 22 mm fallen durch.

Ob die Reinigung eines Schotterbetts sinnvoll ist, ist zudem abhängig von der Festigkeit des Schotters (LA-Wert), der Kornform sowie der Kantigkeit der einzelnen Körner.



Die Klassifikation der Reinigbarkeit inkl. der Beschreibung der Schotterkörner erlaubt die nötigen Massnahmen im Schotterbett zu erarbeiten. Bei vorhandenen Verlehmungen sind eventuell zusätzliche Massnahmen in Unterbau / Entwässerung nötig.

Die Aussagen zum Schotterbett müssen stets mit zusätzlichen Aussagen zu Planie, Unterbau, Bankett und Entwässerungssystem ergänzt werden.

## 6.2 Stopfbarkeit

Eine gute Gleislage erfordert eine dynamische Einsenkung bei Zugsüberfahrt. Das Schotterbett soll dabei die vertikale Bewegung zulassen, ohne den Kontakt zur Schwelle zu verlieren.

Die Schotterkörner verkanten sich aufgrund der vorhandenen zwei Hauptfraktionen (31,5 – 40 mm und 40 mm – 50 mm), ihrer rauen Oberfläche, ihrer Kornform und ihrer (Scharf-)Kantigkeit derart, dass sie sich bei Neulage nur an einzelnen Punkten berühren (Korn-zu-Korn-Kontakte). Das Einzelkorn ist durch die einzelnen Berührungspunkte mit den umlagernden Körnern eingespannt. Bei Zugsüberfahrt reiben sich die Körner unterhalb der Schwelle in kleinstem Masse aneinander und geben so die von oben eingebrachte Last seitlich und nach unten weiter. Der vorhandene Porenraum dient dabei der Entwässerung und dem Temperaturausgleich. Durch die Reibung und die Vibration verringert sich mit der Zeit der Widerstand zur gegenseitigen Verschiebung der Körner, was eine Einregelung der Körner bzw. eine kompaktere Lagerung nach sich zieht. Zusätzlich werden Körner und Porenräume durch Witterungseinflüsse beeinträchtigt.

Durch die Einregelung bzw. kompakte Lagerung verringert sich die Elastizität im Schotterbett: die zuvor von genügend Porenvolumen umgebenen Körner haben nicht mehr nur kleine Berührungspunkte mit den umgebenden Körnern, sondern liegen teils flächig auf. Dies verhindert die nötige Vertikalbewegung der Körner bei Zugsüberfahrt. Die durch die gespannte Schiene in der Höhe gehaltene Schwelle und das Schotterbett verlieren durch die kompaktere Lagerung des Schotters den Kontakt (sog. Hohllage). Bei Zugsüberfahrt wird die Schwelle auf den Schotter gedrückt, was diesen zusätzlich beeinträchtigt.

Um die sich einstellende kompaktere Lagerung des Schotters zu verhindern, muss rechtzeitig ein mechanisches Einwirken (Stopfen) stattfinden. Dadurch soll die ursprünglich vorhandene Anordnung der Schotterkörner im Lastbereich wiederhergestellt werden. Dabei werden (neue) Schotterkörner von der Seite bzw. von oben in den Stopfbereich eingedrückt. Dadurch werden die bereits eingeregelter Schotterkörner im Lastbereich unterhalb der Schwelle direkt neben dem Stopfbereich in eine andere Orientierung gebracht und dadurch die Elastizität des Schotterbetts verbessert.

Damit eine Stopfung wirksam sein kann, muss der Stopfbereich entsprechend aus genügend grossen, rauen und/oder scharfkantigen Körnern bestehen.

Sind die Körner im angrenzenden Lastbereich zu stark zerbrochen, so ist ohne zusätzliche Massnahme (z. B. Schotterreinigung) keine wirksame Stopfung möglich (vgl. Fotos Anhang D).

Die Aussage über die Stopfbarkeit ist bei jedem einzelnen Sondierschlitz zu machen und im Querprofil anzugeben. Sie gibt den Anlagenverantwortlichen bzw. dem Projektleiter zusammen mit der Beurteilung des Zustandes des Oberbaus (v. a. Schwelle und Schienenbefestigung) die Möglichkeit der Priorisierung des Umbauzeitpunktes.



### 6.3 Schotterbettdicke

Die minimalen Anforderungen bezüglich Schotterbettdicke sind im R RTE 21110 Unterbau und Schotter im Kapitel 6.1 in Abhängigkeit der Gleisbelastungsgruppen (vgl. Kapitel 3.6 des R RTE 21110) definiert:

Bezeichnung	Gleisbelastungsgruppen Erhaltung (E)				
	E1		E2	E3	E4
<b>Künftige Gleisbelastung [GBRT/d]</b>	> 30'000		15'000 – 30'000	5'000 – 15'000	< 5'000
<b>Künftige Geschwindigkeit [km/h]</b>	> 160	-	oder ≥ 80	-	-
<b>Minimale Schotterbettdicke [cm]</b>	35	30	30	30	20

Tab. 2: Minimale Anforderungen an die Schotterbettdicke auf offener Strecke in Abhängigkeit der Gleisbelastungsklassen

Die Dicke des Schotterbetts ist definiert als kleinster Abstand zwischen der Schwellenunterkante und der Planie, gemessen unter der massgebenden Schiene. Massgebend ist die Schiene mit dem kleinsten Abstand zur Planie. **Für die Sondagen ist es zweckmässig die Distanz OK Schwelle bis Planie festzuhalten.**

Ist der Schotter im Schwellenfach von Schiene zu Schiene ausgehoben, so ist die Schotterbettdicke bzw. die vertikale Distanz OK Schwelle – Planie jeweils bei den beiden Schienen und in der Gleisachse einzumessen – also an **drei Stellen**.

Über starrem Unterbau beinhaltet die Gesamtdicke des Schotterbetts die Schotterbettdicke und die Dicke der Übergangsschicht (falls vorhanden). Im Querprofil müssen die Schichtdicken einzeln ausgewiesen werden.

Bei klaren topographischen Verhältnissen (Betonplatte visuell beurteilt in mind. 0,7 m Tiefe ab OK Schwelle) kann auf eine Untersuchung einzig zur Bestimmung der Schotterbettdicke verzichtet werden.

## 7 Ansprache von Unterbau und Entwässerung

Nebst der Ansprache des Schotterbetts müssen auch Unterbau und Entwässerung beurteilt werden. Beim Unterbau geht es abgesehen von Dicke, Materialart (insbesondere Feinanteilgehalt), Lagerungsdichte und Feuchtigkeit um die daraus resultierenden Eigenschaften Verformbarkeit auf der Planie, Filterstabilität und Frostempfindlichkeit. Bei der Entwässerung muss festgehalten werden, ob diese schadlos erfolgt oder nicht.

### 7.1 Ansprache der Planie

Ist der Schotter im Schwellenfach von Schiene zu Schiene ausgehoben, muss die Planie beurteilt werden. Es ist zu beschreiben, ob die Planie klar erkennbar, verschmiert oder deformiert ist sowie ob eingedrückte Schotterkörner vorhanden sind. Sichtbare Senken bzw. Mulden sind auf dem Protokoll festzuhalten.

Diese Beschreibungen geben Auskunft darüber, ob die bisherige Nutzung in Zusammenhang mit dem vorhandenen Schwellentyp, Schotterbett, Unterbau und Entwässerungssystem schadlos erfolgte oder nicht.

Die Lagerungsdichte der Planie ist anzugeben. In der Regel ist sie mitteldicht bis dicht gelagert, da sie mit Verdichtungsgeräten geringer Energie eingebaut und durch den Zugsverkehr normalkonsolidiert wurde. Kann sie ohne Mühe ausgehoben werden, ist sie eher locker gelagert. Ist viel Kraft mittels Pickel und/oder Locheisen nötig, ist sie (sehr) dicht gelagert.

### 7.2 Angabe der Verformbarkeit

Aus Zeit- und Verfahrensgründen können bei der Erhaltung von Gleisanlagen meistens keine Verformungsmodul  $M_{E1}$  bei Erstbelastung gemessen werden. Für den Nachweis der Verformbarkeit der Planie bzw. des Planums werden daher andere Verfahren angewendet.

#### 7.2.1 Angabe der Verformbarkeit mittels Leichtem Fallgewichtsgerät (LFG)

Normalerweise wird die Verformbarkeit auf der Planie mittels LFG in der Gleisachse gemessen. Für die Durchführung der Messungen mittels LFG muss die zu prüfende Oberfläche von Steinen befreit werden, sodass die Platte satt aufliegt. Im Übrigen sei auf das R RTE 21110 Unterbau und Schotter bzw. die darin zitierte Literatur verwiesen.

Der Einsatz des LFG und die Verwendung der damit bestimmten  $E_{vd}$ -Werte als Grundlage für die Bemessung des Unterbaus setzt insbesondere voraus, dass der Schichtaufbau bis ca. 0,40 m unter das Niveau der Messung aus kiesigen und/oder sandigen, also jedenfalls grobkörnigen und keinesfalls feinkörnigen Materialien besteht sowie weder gefroren noch durchnässt ist.

Um die mittels LFG gemessenen  $E_{vd}$ -Werte zu verifizieren, muss der Sondierschlitz bis mindestens 40 cm unterhalb der Planie geöffnet werden. Die dabei angetroffenen Materialien sind von einem ausgewiesenen Spezialisten genauso zu beschreiben wie deren Dicke, Lagerungsdichte (locker, mitteldicht, dicht, sehr dicht) und Wassergehalt (erdfeucht, gut erdfeucht, nass).

Sofern die aufgeführten Bedingungen für die Bewertung der Verformbarkeit mittels gemessener  $E_{vd}$ -Werte eingehalten sind, kann im Messbereich von  $E_{vd} = 10 \dots 70 \text{ MN/m}^2$  näherungsweise wie folgt auf äquivalente  $M_{E1}$ -Werte geschlossen werden:

$E_{vd} [\text{MN/m}^2]$	10	20	30	40	50	60	70
$M_{E1} [\text{MN/m}^2]$	11	22	34	50	67	83	100

Tab. 3: Äquivalente  $M_{E1}$ -Werte aufgrund gemessener  $E_{vd}$ -Werte mittels LFG

Resultate im Messbereich von  $E_{vd} > 70 \text{ MN/m}^2$  haben ohne benachbarte  $M_{E1}$ -Messungen höchstens hinweisenden Charakter. Dabei wird vorausgesetzt, dass das grobkörnige Material bis mindestens ca. 0,40 m unter das Niveau der Prüffläche reicht und weder gefroren noch durchnässt ist.

Die mittels LFG gemessenen  $E_{vd}$ -Werte müssen anhand des aufgeschlossenen Schichtaufbaus verifiziert werden (vgl. Kapitel 7.2.2). Falls die oben aufgeführten Einsatzbedingungen für das LFG zur Bestimmung der Verformbarkeitswerte nicht erfüllt sind, gilt alleine der anhand des aufgeschlossenen Schichtaufbaus abgeschätzte Wert.

In folgenden Fällen ist zudem eine Messung der Verformbarkeit mittels LFG nicht möglich:

- bei Böden mit Steinen
- bei nassen Böden
- bei Niederschlägen

## 7.2.2 Angabe der Verformbarkeit anhand des Schichtaufbaus

Durch Kenntnis des vorhandenen Schichtaufbaus kann die Verformbarkeit auf der Planie abgeschätzt werden. Dies dient der Kontrolle der mittels LFG gemessenen Werte (vgl. Kap. 7.2.1) oder als alleinige Abschätzung der Grössenordnung der Verformbarkeit, wo keine Messung mittels LFG möglich ist. Insbesondere in Fällen mit langen Nutzungsdauern, geringen Unterhaltsintensitäten und eher unauffälligen Gleislagen dürften kaum Probleme bezüglich ungenügender Verformbarkeit vorhanden sein.

Für die Abschätzung des Verformbarkeitswertes muss die Materialart, die Dicke der einzelnen Schichten, ihre Lagerungsdichten und ihre Wassergehalte bis in eine Tiefe von 40 cm unterhalb der Planie bzw. des Messortes berücksichtigt werden. Eine detaillierte Beschreibung der Schichten und Materialien wird in diesem Fall wesentlich.

Folgende Abbildung kann für die Abschätzung des Verformungsmoduls für Schichten mit Dicken von 30 cm angewendet werden.

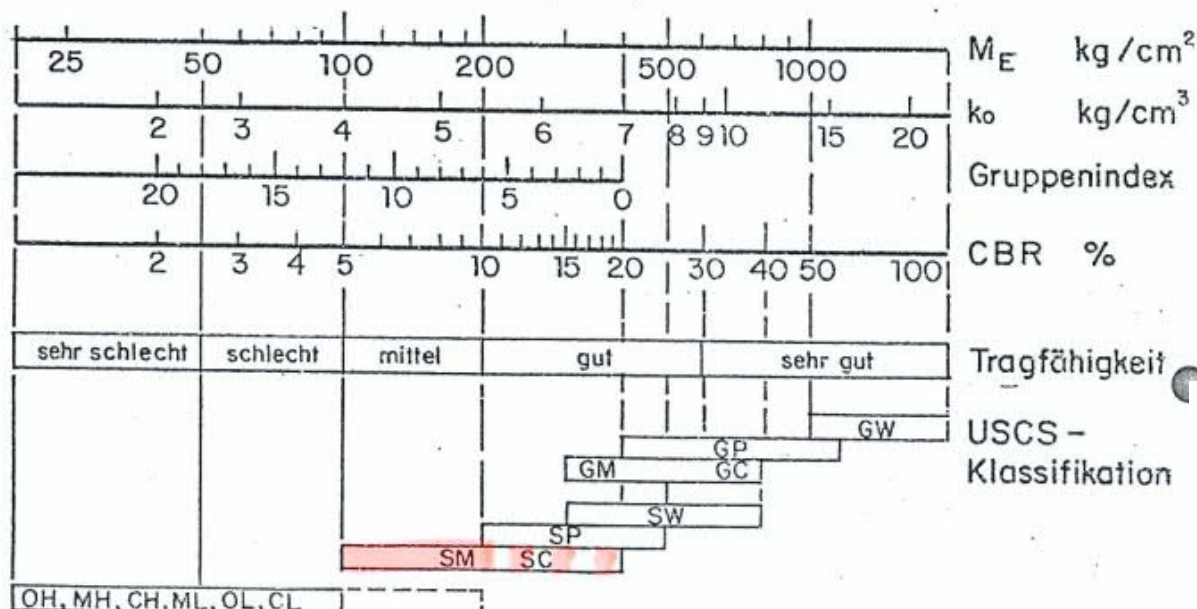


Abb. 6: Angenäherter Zusammenhang zwischen der Verformbarkeit und den Bodentypen gemäss USCS-Klassifizierung (Quelle: alte VSS-Norm)

Ist die Materialart genügend bekannt so kann in Abhängigkeit von Lagerungsdichte und Feuchtigkeit die Verformbarkeit abgeschätzt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der statische Plattendruckversuch (als Grundlage für die Bestimmung von  $M_E$ -Werten) je nach Bodenarten eine Tiefe von 0,5 – 0,8 m widerspiegelt. D. h. der aufgeschlossene Bereich ist nicht unbedingt genügend, um den  $M_{E1}$ -Wert abschätzen zu können. Bei Untersuchungen im Schotterbett sollte dieses vereinfachte Vorgehen jedoch ausreichend sein.

Im Fall von feinkörnigen Böden ist die Konsistenz zusätzlich mittels einfacher Druckfestigkeit (Taschenpenetrometer), Drehflügelsonde und/oder CBR-Feldnadel anzugeben. Daraus lässt sich ebenfalls die Verformbarkeit abschätzen.

### 7.3 Angabe der Filterstabilität und der Frostsicherheit

---

Die Abschätzung der Filterstabilität in Zusammenhang mit dem vorhandenen Gesamtsystem (dynamische Anregung, Unterbaumaterial, Untergrundmaterial, Entwässerungsverhältnisse) erfordert viel Erfahrung – insbesondere bei künftig veränderten Systemkomponenten (z. B. Wechsel des Schwellentyps).

Ist eine ungenügende oder labile Filterstabilität beim vorhandenen Gesamtsystem vorhanden, so sind entsprechende Verlehmungen bzw. beginnende Verlehmungen in Schotterbett und/oder Unterbau ersichtlich.

Prinzipiell muss davon ausgegangen werden, dass die bezüglich Filterstabilität heiklen Gleise und Weichen in Nutzungsdauer und/oder Unterhaltsintensität auffällig sind und somit durch eine geotechnische Untersuchung beurteilt werden müssen.

Bei Verlehmungen in alten Gleisen ohne viel Unterhalt und mit geringer Belastung muss zudem nicht immer eine Unterbausanierung nötig sein – allenfalls genügt ein Schotterersatz und eine allfällige Verbesserung der Entwässerung für das Erreichen einer ähnlichen Nutzungsdauer wie bis zu diesem Zeitpunkt. Für diese Beurteilung genügen die Aussagen der Untersuchung im Schotterbett bezüglich Unterbau- und Untergrundmaterial sowie der Entwässerungsverhältnisse.

Die Frostsicherheit ist für Untersuchungen im Schotterbett ebenfalls kaum relevant, da Gleise und Weichen mit nachgewiesener Frostproblematik i. d. R. geotechnisch untersucht werden.

### 7.4 Schlitzstabsondagen

---

Die Schlitzstabsondagen müssen **beim Spezialfall** der Untersuchungen im Schotterbett im Bankettbereich (in ca. 1,5 m Distanz seitlich ab Schiene) durchgeführt werden. Dieser schnelle und einfache Versuch erlaubt es festzustellen, ob und falls ja in welcher ungefähren Tiefenlage sich Feinanteile im Bankettbereich befinden, welche potentielle Wasserstauer sind.

Der Versuch selbst beinhaltet ein Fehlerrisiko, da durch Steine im Schlitzstab oder in der Wand der Schlitzstabsondage der Inhalt des Schlitzstabes verschoben bzw. geleert werden kann. Ebenso fallen saubere Sande und gewisse Feinsande beim Ziehen des Schlitzstabes oft heraus. Die eingemessene Tiefe der einzelnen Schichten ist somit mit Vorsicht zu betrachten. Die Schlitzstabsondagen sind nur als zusätzliche Sondage zu den Sondierschlitzten zu betrachten. Durch Schlitzstabsondagen können nur ungenügend genaue Materialbestimmungen erfolgen. Die Materialansprache muss stets durch den Sondierschlitz im benachbarten Schwellenfach erfolgen.

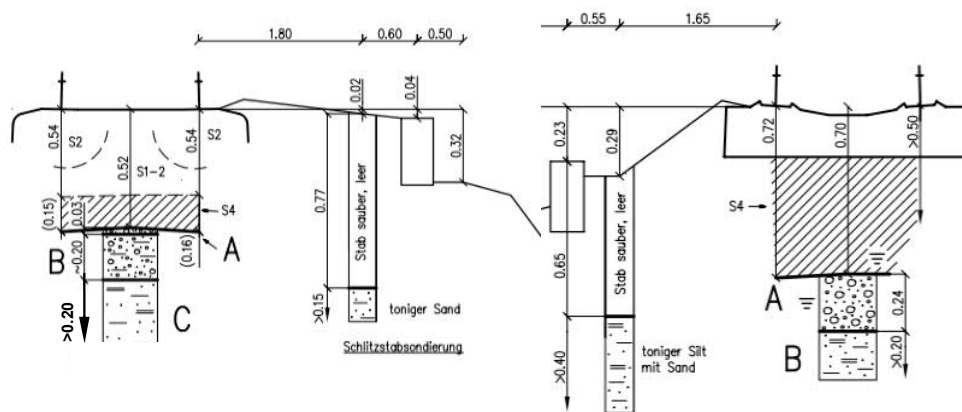


Abb. 7 und 8: Spezialfälle inkl. Schlitzstabsondage; links: Planie und Planum scheinen anhand der Schlitzstabsondage entwässert zu sein; Verlehmung primär Problem der Filterstabilität; rechts: Entwässerung des Planums scheint nicht möglich und begründet die stauende Vernässung in Schotterbett/Unterbau

## 7.5 Angabe der Entwässerungsverhältnisse

Durch die Aufnahme der Schotterbettdicke an drei Stellen und die Beschreibung der Planie auf Senken und Mulden ergibt sich das vorhandene Quergefälle der Planie. Durch die Angabe der Lagerungsdichte und des Quergefalles sowie durch den Materialbeschrieb des Unterbaus wird klar, ob die Entwässerung eher durch Abfließen auf der Planie oder durch Versickern im Unterbau erfolgt.

Zusätzlich müssen Tiefenlage und Distanz sämtlicher Entwässerungsleitungen aufgenommen werden. Dazu müssen die Kontrollschächte geöffnet und die entsprechenden Masse ab näher gelegener Schiene eingemessen werden. Es ist festzuhalten, welchen Durchmesser die Leitungen haben und ob gestautes Wasser und/oder Feinanteile vorhanden sind.

**Im Spezialfall** der Untersuchungen im Schotterbett wird durch die zusätzliche Schlitzstabsondage ermittelt, ob das Wasser auf Niveau Planie bzw. auf Niveau Planum seitlich aus dem Lastbereich des Gleises abfließen kann. Ist feinkörniges Material oder ein hoch liegendes Hindernis vorhanden, so ist die Entwässerung verzögert.

Die ganzheitliche Betrachtung der aufgenommenen Daten ermöglicht die Einschätzung der Entwässerungssituation (im Normalfall und Spezialfall):

- Schadloses Abfließen / Versickern,
- verzögertes Abfließen / Versickern bzw.
- Abfließen / Versickern mit bereits eingetretenen Schäden (Verlehmung und/oder stauende Vernässung)

## 8 Probenahme (chemische Schadstoffanalyse)

Die Probenahme für die chemische Schadstoffanalyse bzw. die Festlegung des Entsorgungsnachweises ist gemäss Gleisaushubrichtlinie sowie der Arbeitsanweisung «Umgang mit Gleisaushub» vorzunehmen. Folgende Kapitel geben eine Kurzfassung der wichtigsten Punkte, welche für Untersuchungen im Schotterbett relevant sind.

## 8.1 Materialbedarf

Es werden eine Kiesschaufel, ein kleiner Pickel und/oder ein Locheisen sowie ein dichtes, beschriftbares Gefäss (Eimer mit festschliessendem Deckel bzw. ein extra reissfester Sack) mit einem Volumen von ca. 12 – 20 Liter benötigt. Die zu entnehmende Probe wiegt mindestens 20 kg.

## 8.2 Entnahmestelle

Aufgrund der Öffnung der Sondierschlitze (vgl. Kapitel 4.1) im mittleren Schwellenfach, muss die Probe hier entnommen werden, was dem Regelfall gemäss Gleisaushubrichtlinie entspricht.

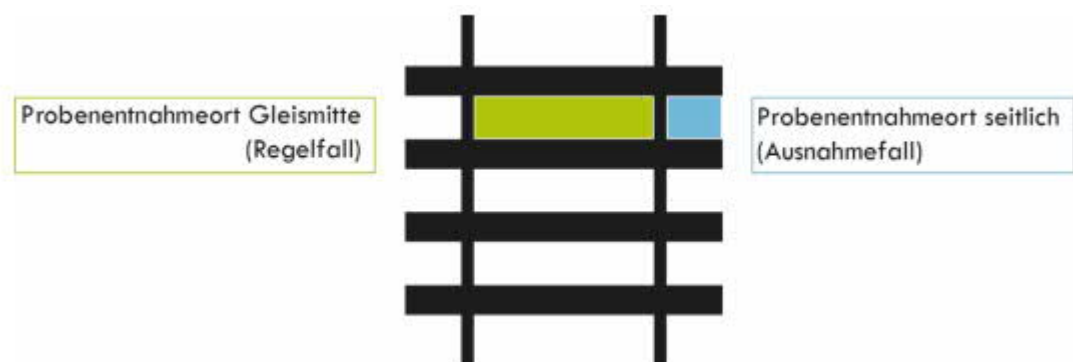


Abb. 9: Entnahmestelle für die chemische Schadstoffanalyse (gemäss Gleisaushubrichtlinie)

In den Weichen befindet sich eine Entnahmestelle im Zungenbereich möglichst im Bereich der geschmierten Anlagenteile und allenfalls eine zweite Entnahmestelle im Weichenende.

## 8.3 Probenentnahme bei FbE mit Schotterersatz oder Schotterreinigung

Erfolgt die Fahrbahnerneuerung ohne Unterbausanierung, so ist die Beprobung gemäss Abbildung 10 durchzuführen.

Die Probe (total mindestens 20 kg Masse) ist aus drei ca. gleichen Massenanteilen (1, 2 und 3) im Bereich des Schwellenfaches aus dem Schotter zu entnehmen. Die chemische Analyse erfolgt aus der Mischprobe der Teile 1, 2 und 3.

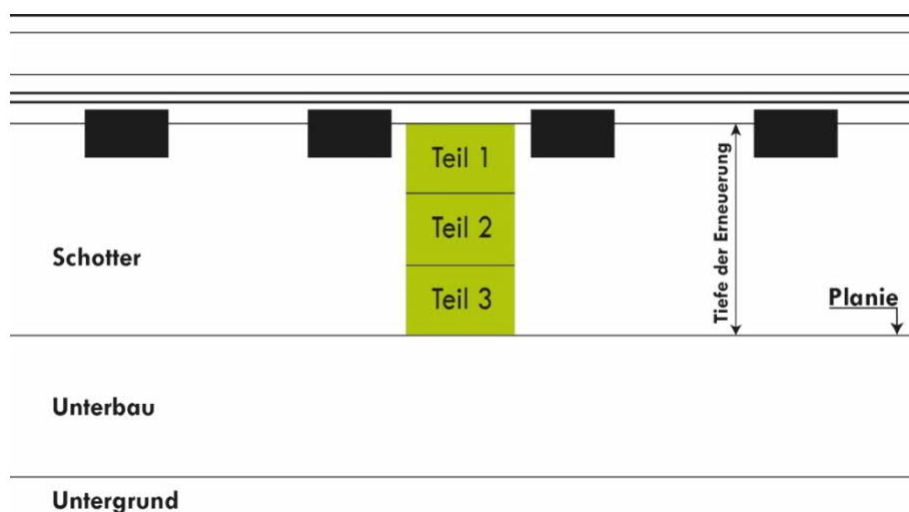


Abb. 10: Beprobung bei Erneuerung ohne Unterbausanierung (gemäss Gleisaushubrichtlinie)

### 8.3.1 Probenentnahme bei FbE mit Unterbausanierung und Totalaushub

Soll eine Erneuerung von Schotter und Unterbau mit Totalaushub erfolgen, sind zwei Teilproben im Bereich des Schwellenfaches zu entnehmen. Aus den beiden Teilen (Schotter und Unterbau) ist eine repräsentative Mischprobe zu analysieren. Dabei sind die jeweiligen Anteile entsprechend ihrer Mächtigkeit zu gewichten.

### 8.3.2 Probenentnahme bei FbE mit Unterbausanierung und getrenntem Aushub

Ist bei der Erneuerung von Schotter und Unterbau ein getrennter Aushub vorgesehen, so ist im Hinblick auf die Analyse und Beurteilung bereits bei der Beprobung die spätere Materialtrennung zu berücksichtigen. In diesem Fall ist im Bereich des Schwellenfaches je eine Probe aus dem Schotter und dem Unterbau zu entnehmen. Dabei ist gemäss Abbildung 11 wie folgt vorzugehen:

- Probe aus dem Schotter (Probe 1): Die Schotterprobe von total mindestens 20 kg ist aus drei Teilen (1, 2 und 3) (zwischen Oberkanten Schwellen und Planie) zu entnehmen. Die chemische Analyse erfolgt aus der Mischprobe der Teile 1, 2 und 3.
- Probe aus dem Unterbau (Probe 2): Die Probe von total ca. 10 kg ist repräsentativ aus dem Unterbau (a) sowie gegebenenfalls Untergrund (b) bis zur Tiefe des zukünftigen Planums zu entnehmen. Die chemische Analyse erfolgt aus der Probe 2a, gegebenenfalls 2b.

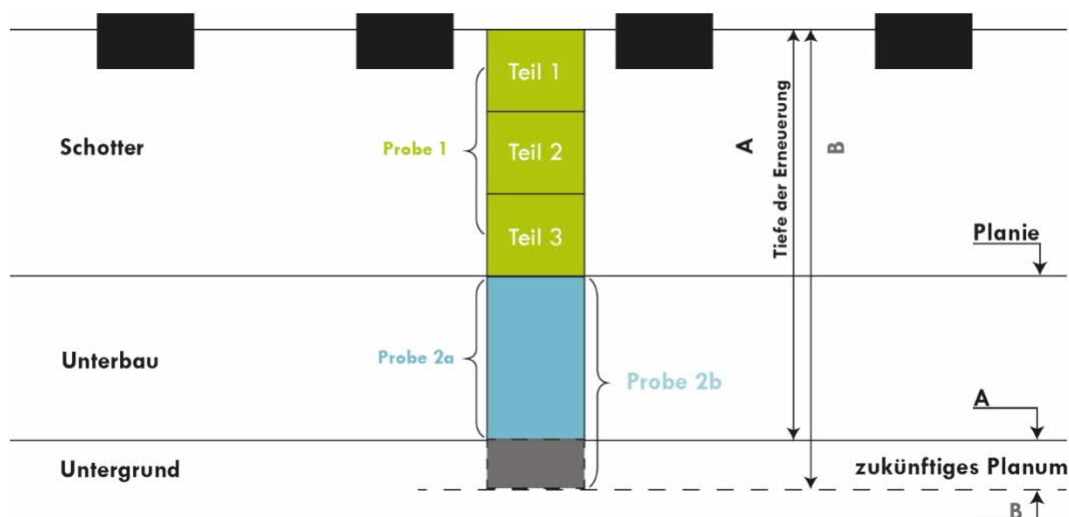


Abb. 11. Beprobung bei Erneuerung mit Unterbausanierung und getrenntem Aushub (gemäss Gleisaushubrichtlinie)

## 8.4 Chemische Analyse

Die chemischen Analysen umfassen im Minimum die PAK, die BaP und die aliphatischen Kohlenwasserstoffe KW >C<sub>10</sub>. Dies mit folgenden Erleichterungen:

- Auf Streckengleisen ohne Holzschwellen kann vollständig auf chemische Analysen verzichtet werden,
- Auf Gleisabschnitten und Weichen ohne Holzschwellen kann auf die Analyse von PAK und BaP verzichtet werden.

Bei Verdacht auf Verschmutzung durch andere umweltgefährdende Substanzen (organoleptischer Befund) muss deren Gehalt in Absprache mit den zuständigen Fachspezialisten analysiert werden.



## 9 Berichtserstellung von Untersuchungen im Schotterbett

### 9.1 Inhalte der Berichte von Untersuchungen im Schotterbett

---

Die Berichtserstattung von Untersuchungen im Schotterbett besteht aus folgenden Teilen:

- **Bericht**
- **Anhang** bestehend aus
  - Situation mit Lage und Beschriftung der Sondierschlitz,
  - **Feldprotokolle** (Sondierschlitzdarstellung),
  - Laborergebnisse für bodenmechanische Analysen,
  - Probenentnahmeprotokolle und Laborergebnisse für chemische Analysen,
  - Fotoanhang mit Lage der Sondagen, Übersicht Schotterbett unterhalb Schwellen, allenfalls Übersicht Stopfbereich, Übersicht Sondage im Unterbau/Untergrund, Detailansicht Unterbau- und/oder Untergrundmaterial im Sondierloch sowie Ansicht des Aushubs,
  - Graphische Darstellung des Oberbaus

Der **Bericht** muss mindestens folgende Daten beinhalten und soll nur der raschen Datenverfügbarkeit über die untersuchten Objekte dienen (max. 2 – 3 A4-Seiten):

- Titelblatt mit Angabe Objekt, Linie, Kilometer, Auftraggeber, Berichtsdatum und Berichtsersteller
- Auftragsbeschreibung
- Gleis- bzw. Weichendaten (Jahr der letzten Erneuerung, Jahr der geplanten Erneuerung; bestehender Oberbau (Schwellentyp, Schienenprofil); geplanter Oberbau; bisherige maximale Geschwindigkeit; bisherige Belastung bzw. Gleisbelastungsgruppe; bisherige Unterhaltsintensität)
- Sofern bekannt: künftige Belastung bzw. Gleisbelastungsgruppe und/oder max. Geschwindigkeit
- Darstellung der Analysenwerte der Schadstoffuntersuchung

Kernpunkt sind die **Feldprotokolle**. Diese müssen entsprechend in guter Qualität aufbereitet werden (vgl. Beispiel Anhang B). Die aufgeschlossene Breite der Untersuchung muss der Realität entsprechend dargestellt werden (Schiene – Schiene, Untersuchung mit Schaufel; Untersuchung mit Handbohrer, Schlitzstab im Bankett). Je Sondierschlitz sind anzugeben:

- Gleis- bzw. Weichennummer, Kilometrierung und SBB-Linie
- Datum der Untersuchung und Topographie
- Schwellentyp und Verlegejahr
- Schotterbettdicke (jeweils 3 Messungen: bei beiden Schienen und in Gleisachse)
- Schotterbettdicke bzw. Gesamtdicke über starrem Unterbau
- Reinigbarkeit des Schotters (S1, S1-2, S2, S3 oder S4):  
Ist der Schotter reinigbar oder muss er ersetzt werden?  
Ist der Schotter mit Feinanteilen verschmutzt (seitlicher/vertikaler Eintrag, Schotterbruchanteil bzw. Schotterabrieb) bzw. mit Feinanteilen von unten verlehmt?
- Beschreibung des Schotterbetts: Unter- und Überkorn? Festigkeit und Kantigkeit der Körner
- Stopfbarkeit des Schotters:  
Ist das Schotterbett im Stopfbereich noch (wirksam) stopfbar?
- Angabe der Beschaffenheit der Planie (Regelmässig oder deformiert? Quergefälle (<5%, ~5% oder >5%), Lagerungsdichte (locker, mitteldicht, dicht, sehr dicht oder kompakt))



- Angabe der Verformbarkeit  $M_{E1}$  auf der Planie (abgeleitet aus dem gemessenen  $E_{vd}$ -Wert mittels LFG oder aufgrund genügend grosser Aufnahmetiefe abgeschätzt anhand des Schichtaufbaus)
- Angabe von Dicke und Zusammensetzung des Unterbaus / Untergrundes mit einer Beschreibung des Feinanteilgehaltes, der Lagerungsdichte (locker, mitteldicht, dicht, sehr dicht oder kompakt) und der Feuchtigkeit (erdfeucht, gut erdfeucht, nass oder durchnässt) der Schichten
- Lage und Resultat der Schlitzstabsondagen inkl. Angabe der Höhe des Feinmaterials im Bankett (Durchlässigkeit des Banketts; Entwässerungsmöglichkeit der Planie)
- Angabe der vorhandenen Entwässerungen; nebst der Art (Material, Schale, Leitung, Gräben etc.) und dem Zustand (sauber, trocken, wenig Wasser führend, stehendes Wasser, verschmutzt mit Feinanteilen o. ä.) sind Tiefe und Distanz ab OK der näher gelegenen Schiene anzugeben
- Angabe der Entwässerungsart: schadloses/verzögertes/schadhaftes Abfliessen bzw. Versickern
- Angabe und Vermassen von seitlichen „Hindernissen“ wie Perronabschlüssen, Bordüren, hoch anstehender Fels o.ä. (Platzverhältnisse für Gleisbaumaschinen)

## 9.2 Ablage der Daten

Eine Zusammenfassung der wesentlichen Punkte je Objekt gemäss Kap. 9.1 muss in der OE-PDB bzw. MPM-Fahrbahn hinterlegt werden. Der Bericht der Untersuchung im Schotterbett ist für die Prüfung der Umbaumassnahmen für die technische Besprechung an AT-FW-TAFB-UGT abzugeben. TAFB-UGT legt diese dann im zentralen Archiv der geotechnischen Berichte ab.

## 10 Änderungsverzeichnis

Version	Gültig ab	Kapitel	Änderung
1-0	01.01.2018		Erstausgabe (ersetzt I-50016 Untersuchungen im Schotterbett)
2-0	01.12.2019	1.4, 4.1, 4.2, 8 sowie 8.2 – 8.4 5.1.1	Anpassungen auf neue Gleisaushubrichtlinie (2018) sowie Arbeitsanweisung «Umgang mit Gleisaushub» Präzisierung Stopfen im Nachgang von Sondagen

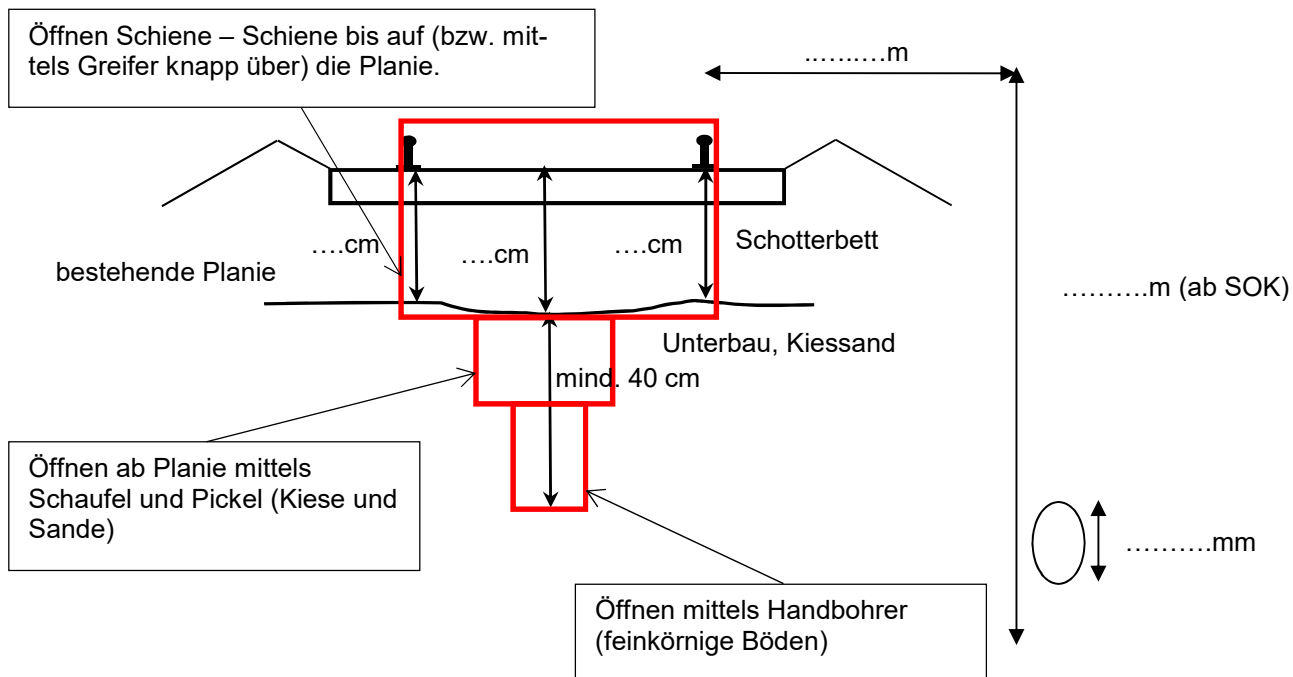
## Anhang A

### A.1 Vorgehen beim Öffnen inkl. Darstellung – Normalfall

Öffnen des Sondierschlitzes mittels Schotterrechen, Greifer, Schaufel und/oder Schottergabel von Schiene – Schiene bis auf (bzw. mittels Greifer knapp über) die Planie.

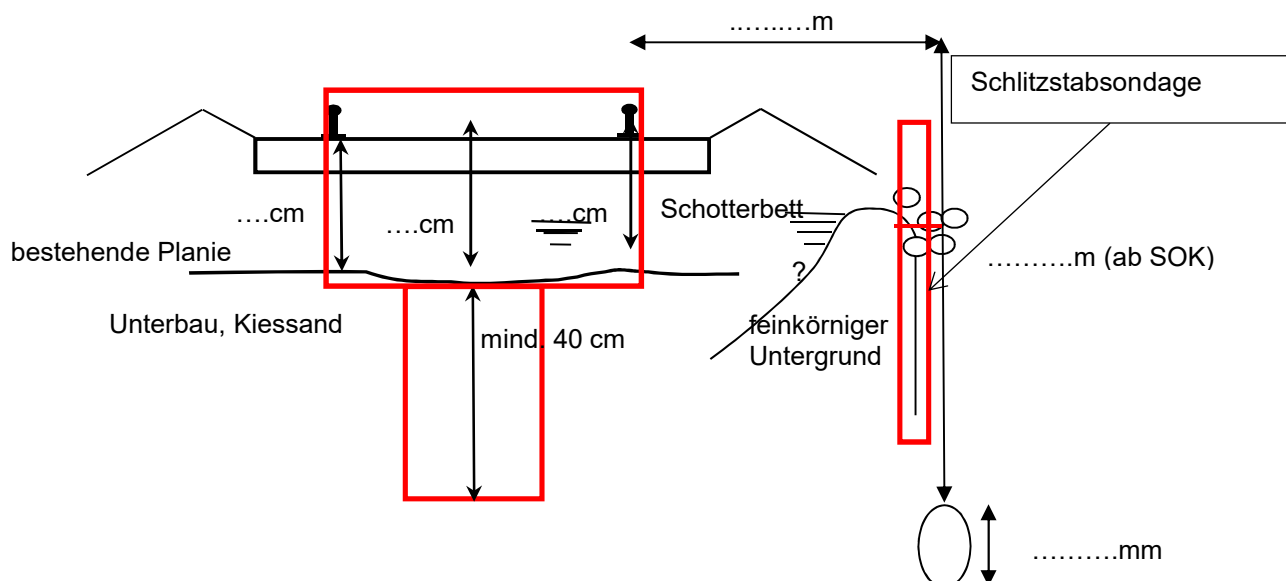
Ab Planie Öffnen mittels Schaufel und Pickel bzw. mittels Handbohrer.

Aufnahme der Entwässerungsleitungen durch Öffnen der Kontrollschächte.

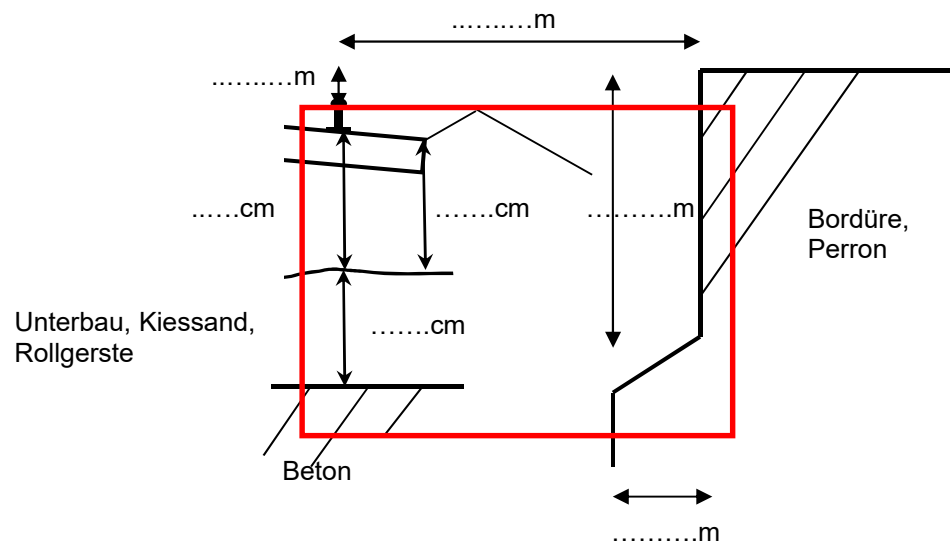


### A.2 Vorgehen beim Öffnen inkl. Darstellung – Spezialfall

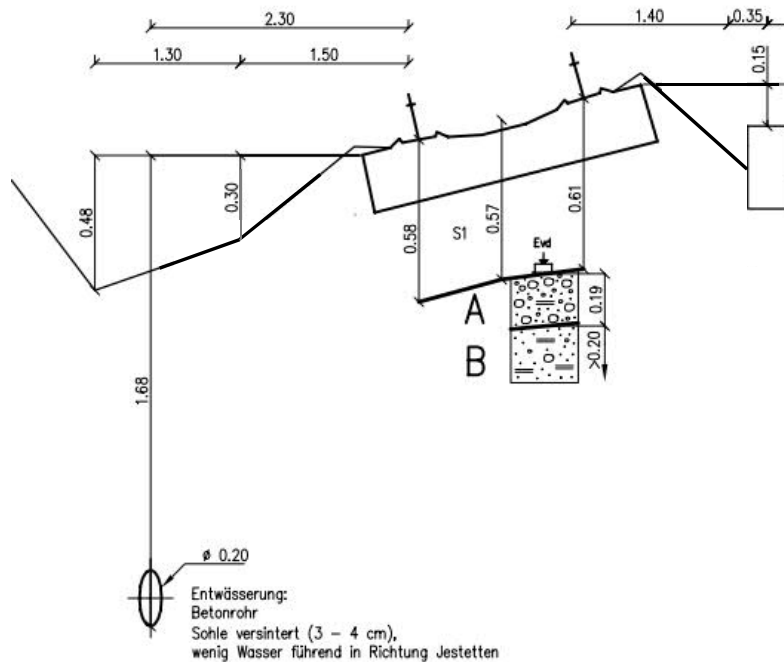
Öffnen des Sondierschlitzes analog Normalfall. Zusätzlich Schlitzstabsondage in ca. 1,5 m Distanz zur näher gelegenen Schiene



### A.3 Vorgehen beim Öffnen inkl. Darstellung – starrer Unterbau



## Anhang B: Feldprotokoll (Beispiele) - Normalfälle



S1: Gering mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt, die Körner sind wenig zerbrochen, stopf- und reinigbar.

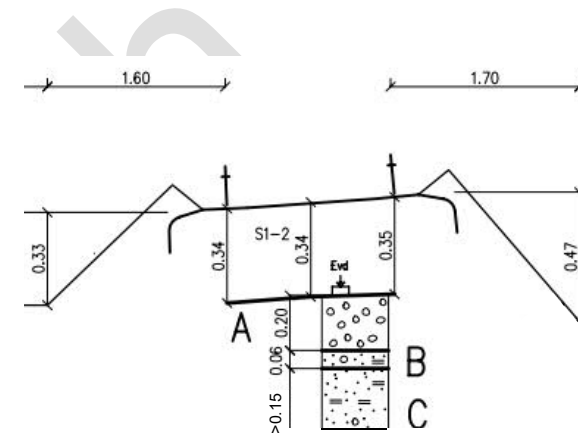
Planie: Regelmässig, sauber, mitteldicht, erdfeucht.

A: Leicht siltiger Rundkies mit viel Sand (PSS), mitteldicht, erdfeucht.

B: Siltiger Sand mit wenig Kies, mitteldicht, erdfeucht.

Bemerkung: Bezüglich Filterstabilität und Tragfähigkeit Profil i.O.

Mit dem leichten Fallgewicht wurde auf der Planie folgendes Verformungsmodul E<sub>vd</sub> von 55 MN/m<sup>2</sup> gemessen. Dies entspricht einem ME1-Wert von ca. 73 MN/m<sup>2</sup>.



S1-S2: Gering (S1) bis mittelmässig (S2) mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt, mit hohem Fein- und Rundkornanteil, stopf- und reinigbar

Planie: Nicht genau bestimmbar

A: Sauberer Rundkies, locker

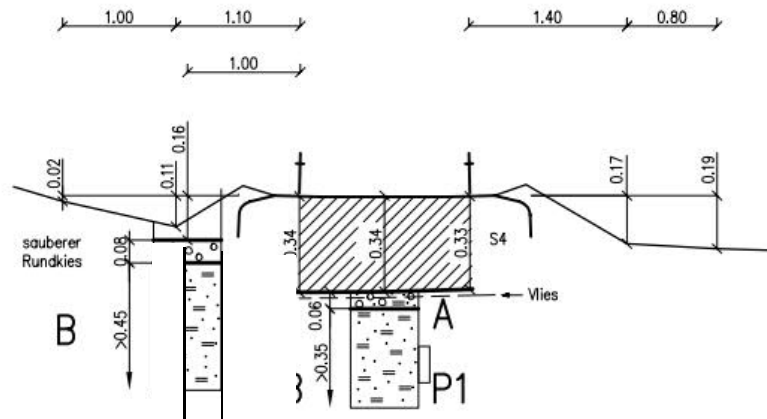
B: Siltiger Sand mit Kies (Giessereisand und Schlacke), locker

C: Stark siltiger Feinsand bis sandiger Silt mit wenig Kies, mitteldicht, erdfeucht.

Bemerkung: Profil bezüglich Filterstabilität und Tragfähigkeit i.O.

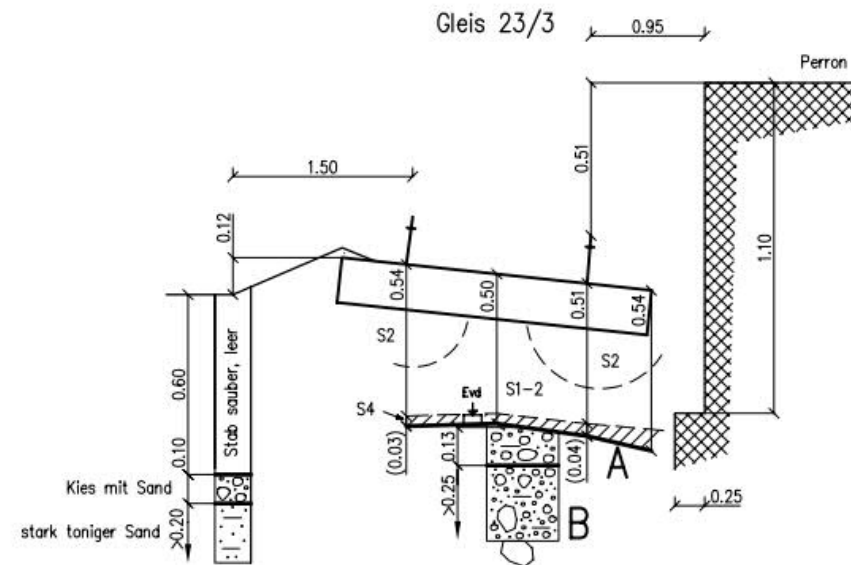
Der mit dem Fallgewicht gemessene Verformungsmodul E<sub>vd</sub> auf der Planie ergab einen Wert von 22 MN/m<sup>2</sup>. Dies entspricht einer Tragfähigkeit (ME) von ca. 29 MN/m<sup>2</sup>.

## Spezialfälle



- S4: Verlehmt mit Feinmaterial aus dem Untergrund.  
 Planie: Regelmässig, verschmiert, mitteldicht, nass.  
 A: Verlehmt Rundkies mit Sand.  
 B: Sandiger Silt (ML), nicht plastisch, in den oberen 5 – 10 cm steif, tiefer halbfest.

Bemerkung: Profil bezüglich Filterstabilität labil.  
 Unruhige Gleislage zwischen km 98.570 – 98.700, im Bereich des Profils befindet sich eine Schlammstelle.  
 Lokal wird die Liegenschaft direkt in den Bahnkörper entwässert.



- S1 – S2: Gering (S1) bis mittelmässig (S2) mit Betriebsschmutz und Schotterabrieb verunreinigt, die Körner sind vermehrt im Stopfbereich zerbrochen, mit hohem Rundkornanteil, stopf- und reinigbar.

- S4: Basis verlehmt mit Feinmaterial aus dem Untergrund.  
 Planie: Regelmässig, verschmiert, mitteldicht, nass.  
 A: Toniger Kies mit wenig Sand (Jurakalke), mitteldicht, nass / verschlammte.  
 B: Toniger Kies mit Sand und vielen Steinen, dicht bis sehr dicht, erdfeucht.

Bemerkung: Bezüglich Tragfähigkeit sind die Verhältnisse i.O., bezüglich Filterstabilität sind die Verhältnisse genügend.  
 Mit dem leichten Fallgewicht wurde auf der Planie folgendes Verformungsmodul Evd von 58 MN/m<sup>2</sup> gemessen. Dies entspricht einem ME1-Wert von ca. 77 MN/m<sup>2</sup>.  
 Das Perronfundament ragt in den Gleiskörper hinein.



## Anhang C: Dokumentation Fotos

Beispiele von Fotos – mit „evtl.“ gekennzeichnete Fotos nur bei entsprechenden Verhältnissen



Abb. 1 und 2: Situation: Wo befindet sich der Sondierschlitz; wie ist die Topographie (visuell sichtbar: Böschungshöhen, Distanzen, Bankettzustand)



Abb. 3 - 5: Evtl. Detailaufnahmen Schotter: Besonderes wie weisse Stellen / „Schotterfliessen“ (links), Stopfbereich (Mitte) und hoher Anteil Rundkorn (rechts)



Abb. 6: Evtl. Detailaufnahmen Schotter im Aushubhaufen: hoher Anteil Rundkorn





Abb. 7 - 9: Profil durchs Schotterbett; Doppelmeter auf Planie; Eindruck Körnigkeit, Reinigbarkeit (bei allen Bsp. Gegeben); Eindruck Schotterbettdicke; basale Verschmutzung (links: im unteren Bereich vermutlich Rückstände der letzten Fahrbahnerneuerung (Reinigungshorizont))



Abb. 10 und 11: Profil durch den Unterbau (bis auf den Untergrund); je nach Materialart mit Schaufel, Locheisen und Pickel (kiesig, steinig; links) oder mittels Handbohrer (sandig, feinkörnig; rechts)



Abb. 12: Materialbeschaffenheit anhand Aushubfoto





Abb. 13: Materialbeschaffenheit anhand Aushubfoto (Handbohrer; hier mit abnehmender Konsistenz der Feianteile)



Abb. 14: Blick in Kontrollschacht (hier verschlammt)



Abb. 15: Evtl. Detail: Abrutschender Kabelkanal / abrutschende Bankethalterung



Abb. 16: Evtl. Detail: Befestigung Fahrdrabt bei Überführung (Hinweis für Hebungs möglichkeiten)



## Anhang D: Fotodokumentation Reinigbarkeit des Schotterbetts (Fokus Betrachtung Gleisachse)

Detaillierte Beschreibung der Zustände – in **fetter Schrift** nötige Beschreibung bei Untersuchungen im Schotterbett bezüglich Reinigbarkeit



Abb. 1: Reinigbarkeitsklasse **S1 (wenig Betriebsschmutz und Schotterbruch)**;  
Zudem: gute Korngrössenverteilung, scharfkantig; gegen unten gewisse Einregelung sichtbar



Abb. 2: Reinigbarkeitsklasse **S2 (mittelmässig Betriebsschmutz)**; Porenräume sichtbar, z. T. mit kohäsionslosem Feinmaterial gefüllt;  
Test mit Schottergabel vor Ort ergibt einzelne Körner  
Zudem: Korngrössenverteilung genügend, Körner teils mit Feinmaterial überzogen, kantig bis kantengerundet



Abb. 3: Reinigbarkeitsklasse **S1-2 (wenig bis mittelmässig Betriebsschmutz und Schotterbruch)**;  
Zudem: gute Korngrössenverteilung, scharfkantig; gegen unten vermehrt Bruch und Schmutz sichtbar (runtergewaschen bzw. – gefallen)



Abb. 4: Reinigbarkeitsklasse **S2 (mittelmässig bis viel Betriebsschmutz und mittelmässig Schotterbruch)**; v. a. oben eingewachsene Pflanzen sichtbar  
Zudem: Korngrössenverteilung genügend, einige Rundkörner, ansonsten kantengerundet;  
Reinigung möglich, aber nur sinnvoll, wenn vorliegendes Gleis ausreichende Nutzungsdauer erreicht hat und künftig ähnliche Belastung erfährt





Abb. 5: Reinigbarkeitsklasse **S3 (viel Betriebsschmutz und Schotterbruch bzw. -abrieb)**; Porenräume mit kohäsiivem Feinmaterial gefüllt - Verschmutzung von oben bzw. aus dem Schotterbett selbst; **nicht mehr wirkungsvoll reinigbar**; Zudem: nur noch einzelne Körner vorhanden



Abb. 6: Reinigbarkeitsklasse **S2-3 (mittelmässig bis viel Betriebsschmutz, mittelmässig bis viel Schotterbruch)**; kaum noch Porenräume sichtbar, mehrheitlich mit kohäsionslosem Feinmaterial gefüllt – allerdings bei nasser Witterung Reinigungserfolg reduziert; Test mit Schottergabel vor Ort ergibt einzelne Körner  
Zudem: Korngrößenverteilung genügend, Körner teils mit Feinmaterial überzogen, kantig bis kantengerundet



Abb. 7 und 8: Reinigbarkeitsklasse **S4 (Feinmaterialaufstoss von unten)**; kaum noch Porenräume sichtbar, mehrheitlich mit kohäsiivem Feinmaterial gefüllt – **nicht mehr reinigbar**; Test mit Schottergabel vor Ort ergibt Klumpen bzw. Aggregate



## Anhang E: Fotodokumentation Stopfbarkeit des Schotterbetts (Fokus Betrachtung Stopfbereich)

Detaillierte Beschreibung der Zustände – in **fetter Schrift** nötige Beschreibung bei Untersuchungen im Schotterbett bezüglich Stopfbarkeit



Abb.1: Reinigbarkeitsklasse S2 (wenig Betriebsschmutz und viel Schotterbruch im Stopfbereich) Porenräume mit kohäsionslosem Feinmaterial bzw. Sand gefüllt; nicht mehr genügend Schotterkörner im Stopfbereich vorhanden und daher **nicht mehr wirksam stopfbar**



Abb. 2: Reinigbarkeitsklasse S3 (viel Betriebsschmutz und Schotterbruch im Stopfbereich) Porenräume mit kohäsivem Feinmaterial bzw. Sand gefüllt; nicht mehr genügend Schotterkörner im Stopfbereich vorhanden und daher **nicht mehr wirksam stopfbar**



Abb. 3: Reinigbarkeitsklasse S1-2 (wenig bis mittelmässig Betriebsschmutz und Schotterbruch, im Stopfbereich S2-3) über S1. Im Stopfbereich noch ganze Schotterkörner vorhanden und daher **noch gerade wirksam stopfbar**



Abb. 4: Reinigbarkeitsklasse S1-2 (wenig bis mittelmässig Betriebsschmutz und Schotterbruch, im Stopfbereich S2). Im Stopfbereich noch ganze Schotterkörner vorhanden und daher **noch gerade wirksam stopfbar**



## Anhang F: Fotodokumentation Notwendigkeit von Stopfarbeiten (Fokus Betrachtung Stopfbereich)

Detaillierte Beschreibung der Zustände – in der Regel im Rahmen von Untersuchungen im Schotterbett **nicht** zu deklarieren



Abb. 1: junges noch nicht verkantetes Schotterbett; Körner weisen nur punktuelle Berührungspunkte auf; beim Öffnen des Handschlitzes fällt auch unter Holz- oder Betonschwellen viel Schotter unterhalb der Schwellen nach; Elastizität im Schotterbett vorhanden



Abb. 2: beginnende Einlagerung unterhalb der Schwellen; Porenraum nimmt ab; Kontaktflächen werden grösser; Elastizität im Schotterbett ist reduziert; Stopfung muss mittelfristig Einlagerung stören



Abb. 3 und 4: fortgeschrittene Einlagerung unterhalb der Schwellen; Porenraum nur noch klein; Schotterbruch und -abrieb lagert sich ein; grosse Kontaktflächen; stark reduzierte Elastizität im Schotterbett; daher hat sich eine Hohlage zwischen UK Schwelle und Schotterbett gebildet (Einsenkung bei Zugsdurchfahrt findet nur noch oberhalb des Schotterbetts statt); Stopfung muss kurzfristig erfolgen





Abb. 5: nebst fortgeschrittener Einlagerung und Hohl-lagenbildung sind Schotterkörner im Stopfbereich vermehrt zerbrochen; Stopfung muss kurzfristig erfolgen ist aber nur noch bedingt wirksam (noch Körner vorhanden)



Abb. 6: Blick in den Lastbereich unterhalb der Schwelle bei reduzierter Elastizität des Schotterbetts und bereits vorhandener Hohllage UK Schwelle und Schotter: weniger Betriebsschmutz und Schotterbruch; eben nicht relevanter Bereich für Beurteilung der Notwendigkeit von Stopfungen und der Stopfbarkeit



Abb. 7: stark reduzierte Elastizität des Schotterbetts und bereits vorhandener Hohllage UK Schwelle und Schotter: viel Schotterbruch und –abrieb; nicht mehr wirksam stopfbar



## Anhang G: Fotodokumentation Schotterqualität



Abb. 1 (oben) und 2 (rechts): Druckstellen aufgrund von Abnutzung der Korn-zu-Korn-Stützung; bei geringer dynamischer Belastung gilt dies als Hinweis für eine ungenügende Festigkeit – bei höherer Belastung kann dies Ausdruck der Überbeanspruchung sein



Abb. 3 und 4: Nicht frostbeständige Körner (darf nur <5% Massenprozent ausmachen)





Abb. 5: mehrheitlich kantengerundete Körner (Neuschotter)



Abb. 6: mehrheitlich gerundete Körner (gewaschener Altschotter)