

Der Oberbauschotter

Teil 2: Qualitätsverlauf und Eingriffsschwellen

In Fortsetzung des Aufsatzes „Der Oberbauschotter Teil 1: Anforderungen und Beanspruchung in ETR 1+2/2008, S. 34...41 behandelt der Autor im vorliegenden zweiten Teil die Ursachen und den Verlauf der Qualitätsverschlechterung des Gleises, insbesondere die Verschmutzung des Schotterbettes durch Feinbestandteile sowie die Eingriffsschwellen für Stopfung und Schotterreinigung.



Infolge der Verkehrslasten und anderer Einflüsse kommt es im Laufe der Zeit zu einer Verschmutzung des Schotterbettes und zu ungleichen Setzungen. Der Verschmutzungsgrad bestimmt den zeitlichen Verlauf der Gleisqualität und somit den Zeitpunkt für Instandhaltungsarbeiten, insbesondere die Gleislageberichtigung durch maschinelles Stopfen und die Notwendigkeit einer Schotterbettreinigung.

1. DIE GLEISQUALITÄT

Unter Gleisqualität wird der Zustand einer Gleiskonstruktion verstanden. Für eine objektive Beurteilung eignet sich besonders

der mittlere Längshöhenfehler über eine bestimmte Streckenlänge.

Der schematische Verlauf der Gleisqualität (Bild 1) zeigt, dass nach einer gewissen Belastung die Eingriffsschwelle erreicht wird, das Gleis muss gestopft werden. Die Eingriffsschwelle ist dann erreicht, wenn der gewünschte Fahrkomfort nicht mehr gegeben ist.

Aus der schematischen Darstellung des Qualitätsverlaufes ist ersichtlich, dass nach der Stopfung eine deutliche Verbesserung der Gleisfehler eintritt. Mit Beginn der Betriebsbelastung steigen die Gleisfehler in Form einer exponentiellen Kurve stark an, und zwar infolge Abbrechens der Kornspitzen und Umlagerung der Schotterkörner. Die rasche Zu-



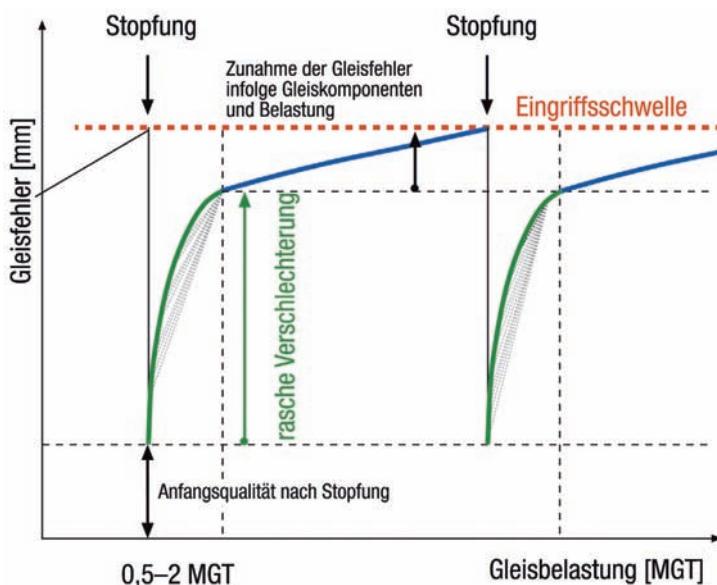
Dipl.-Ing. Erwin Klotzinger
Konsulent für Gleisbau
bei Plasser & Theurer, Wien

erwin.klotzinger@aon.at

nahme der Gleislagefehler innerhalb der ersten Belastung von 0,5 bis 2 MGT führt zu einer schnellen Einbuße der Gleisqualität. Danach nehmen die Gleislagefehler linear zu. Die Größe der Verschlechterung der Gleisfehler hängt im hohen Maß von der Anfangsqualität ab. Je höher die Anfangsqualität ist, umso länger dauert es, bis die Eingriffsschwelle erreicht wird. Eine hohe **Anfangsqualität** ist dann gegeben, wenn die Gleiskonstruktion den neuesten technischen Erkenntnissen entspricht und für die Verlegung und Instandsetzung optimale Technologien angewandt werden.

BILD 1: Schema des Gleisqualitätsverlaufes

(Quelle aller Bilder: Autor)



2. SETZUNGEN INFOLGE DER BETRIEBSBELASTUNG

Der Verlauf der Gleisqualität wird vor allem durch die Setzungen des Schotterbettes beeinflusst. Wie im Teil 1 beschrieben, kommt es infolge der senkrecht wirkenden Verkehrslast vor allem zu Beginn der Betriebsbelastung zu größeren Umlagerungen und Absplittierungen der Körner, die zu einer relativ großen Setzung führen (Bild 2).

Da sich die Körner bei diesem Prozess kompakter anordnen, können die Kräfte an mehreren Berührungspunkten übertragen werden, die Setzungen werden kleiner.

Das Setzungsverhalten hängt vorwiegend von der Größe der Schotterpressung ab. Diese wiederum hängt von der Steifigkeit des Gleisrahmens und der Höhe der dynamischen Radlast ab (siehe Teil 1 „Schotterbeanspruchung“).

Der Setzungsverlauf des Schotters hängt im Wesentlichen von folgenden Faktoren ab

- von der Betriebsbelastung,
- von der Qualität des Oberbaues,
- von der Verschmutzung des Schotterbettes.

Diese drei Faktoren bestimmen auch den Verlauf der Gleisqualität.

Der **Einfluss der Betriebsbelastung** wird bestimmt durch

- die Streckenbelastung pro Jahr (MGT/Jahr),
- den Achsdruck (Hohe Achsdrücke sind der Hauptgrund für starke Setzungen. Die Instandhaltungszeiträume verkürzen sich um ca. 30 % bei einer Erhöhung der Radsatzlast um 10 %.),
- von der Fahrgeschwindigkeit (Höhere Fahrgeschwindigkeiten führen zu größeren dynamischen Radkräften, wodurch sich höhere Schotterpressungen ergeben.)

Die **Qualität des Oberbaues** hängt ab

- von der Oberbaukonstruktion (Schienenform, Holz- oder Betonschwellen, Befestigung),
- vom Schottermaterial,
- von der Bettungsstärke,
- vom Unterbauplanum und
- von vorhandener Planumsschutzschicht.

Der Faktor **Verschmutzung des Schotterbettes** bedeutet:

Mit zunehmender Verschmutzung wird der Setzungsverlauf beschleunigt. Die Gleislagefehler (Längshöhe, Querhöhe und Richtung) nehmen zu und es muss daher in kürzeren Zeitabständen gestopft werden. Näher beschrieben wird das Setzungsverhalten des Schotters in den ORE-Fragen D71, Bericht Nr. 10 aus 1970 und Frage D117/RP7/D, Bericht Nr. 7 aus 1975.

Die hohe Anfangssetzung lässt sich jedoch durch gezielte, kontrollierte Setzung mittels des **Dynamischen Gleisstabilisators DGS** reduzieren. Durch den Einsatz des DGS unmittelbar nach der Stopfung werden die Schotterkörner lediglich umgelagert und damit ein homogenes Schotterbett geschaffen. Die nachfolgenden Setzungen infolge Betriebsbelastung streuen jedoch sehr stark – auch bei offenbar gleichen Randbedingungen. Zurückzuführen ist dies auf die zufällige Anordnung der Schotterkörner unter jeder Schwelle. (Die Summe der Berührungsfelder der Schotterkörner unter der Schwelle ist von Schwelle zu Schwelle verschieden.)

Aufgrund der unterschiedlichen Setzungen entstehen in der Längsrichtung des Gleises Wellen mit einer Länge von 3 bis 25 m. Aber

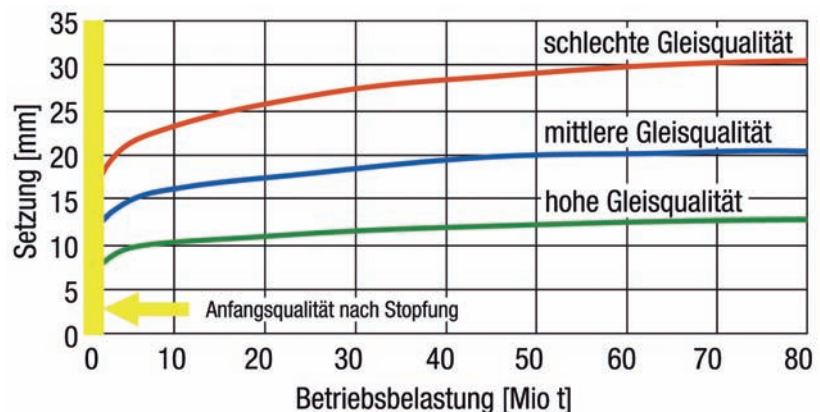


BILD 2: Setzungen unter Betriebslast für verschiedene Gleisqualitäten

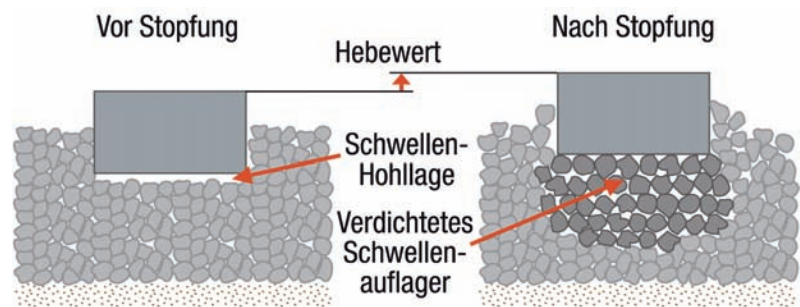


BILD 3: Wirkung der Stopfung

auch in der Querrichtung zur Gleisachse sind die Setzungen im Bereich der Schwellenaufleger nicht gleichmäßig und es kommt daher zu Fehlern in der Querhöhe und in der Folge zu Richtungsfehlern. Erreichen diese Fehler eine bestimmte Größe, muss eine Gleislageberichtigung (Stopfung) erfolgen.

3. WIRKUNG DER STOPFUNG

3.1. HEBUNG, UMLAGERUNG DES SCHOTTERS

Beim maschinellen Stopfen des Gleises werden die Schotterkörner in waagrechter Richtung unter die Schwelle gedrückt. Dadurch wird die korrigierte Gleislage in ihrer Höhe fixiert. Eine Bewegung der Steine wird zunächst durch die Reibungskräfte behindert. Die waagrechte Krafrichtung der Stopfung bewirkt eine Umlagerung der Schotterkörner.

Da bei jeder Stopfung eine Hebung des Gleises (Grundhebung und Berichtigung der Höhenfehler) stattfindet, wird unter der Schwelle ein Hohlraum geschaffen. Durch das asynchrone Gleichdruck-Stopfprinzip der Stopfaggregate der Fa. Plasser & Theurer mit gerichteter, geradliniger Schwingung und ei-

ner Stopffrequenz von 35 Hz werden die Hohlräume unter der Schwelle verfüllt und das Auflager gleichmäßig verdichtet (Bild 3). Bei diesem Vorgang kommt es im Wesentlichen zu einer Umlagerung der Schotterkörner und nur zu einer geringfügigen Absplittung der Schotterkörner (abhängig von der Qualität des Schotters!).

3.2. FEINBESTANDTEILE DURCH STOPFUNG

Untersuchungen über die Bildung von Feinbestandteilen nur durch Stopfung – also ohne Einwirkung der Betriebsbelastung – haben lediglich theoretischen Wert, da nach jeder Stopfung und der darauf folgenden Betriebsbelastung das Korngefüge verändert wird. Beim Stopfen entstehen 1,8–3,9 kg Feinbestandteile je Schwelle unter den Schienenauflegern (Schottervolumen pro Schwelle: 1050 kg). Die Absplittungen infolge Betriebsbelastung sind wesentlich größer, da der größte Anteil der Feinbestandteile im Druckverteilungsbereich des Schotterbettes gelagert ist. (siehe Kapitel 5. „Feinbestandteile (Verschmutzung) des Schotterbettes“, Betriebsbelastung).



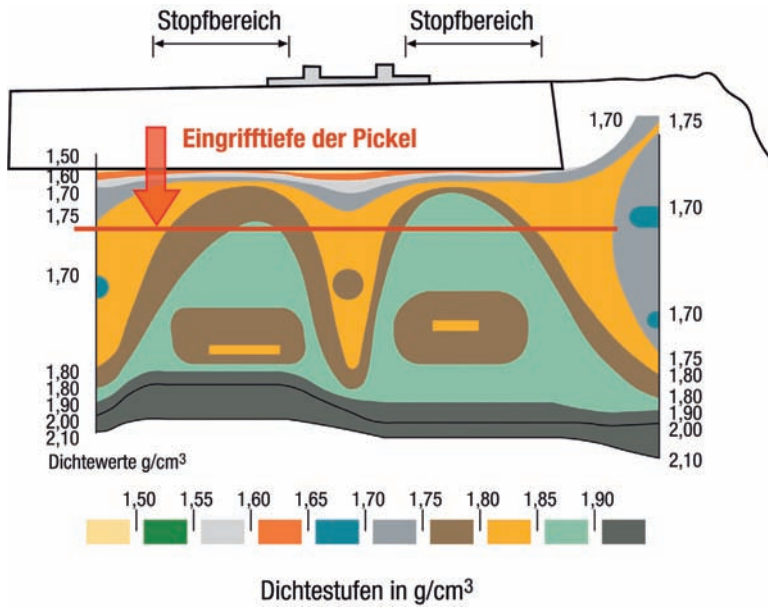


BILD 4: Verdichtung des Schotter im Eingriffsbereich der Stopfpickel

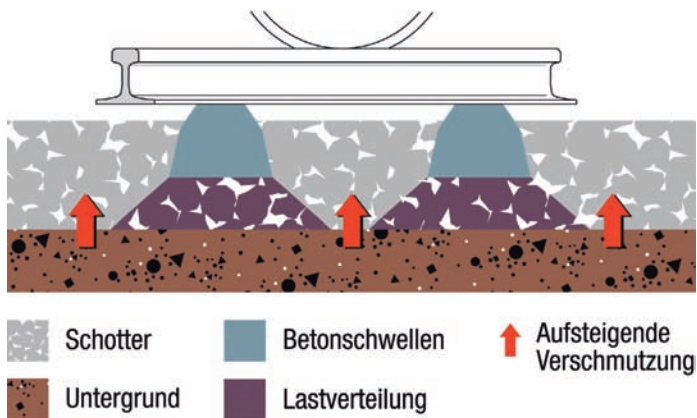
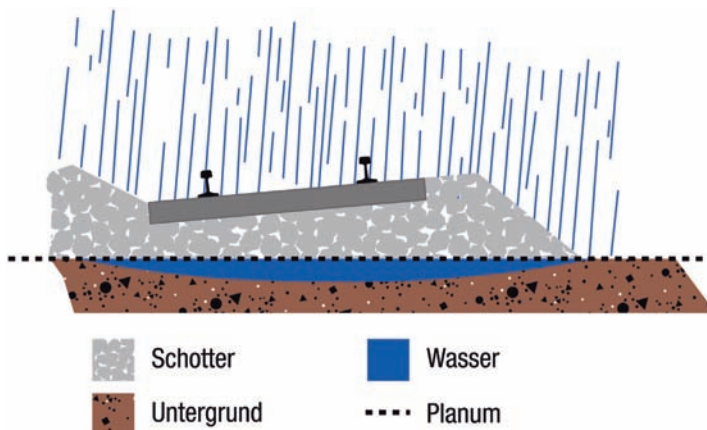


BILD 5: Zerstörung des Planums durch unzureichende Lastverteilung infolge zu geringer Bettungshöhe

BILD 6: Bildung von Wassersäcken infolge fehlender Querneigung des Planums



4. DRUCKVERTEILUNG IM SCHOTTER UNTER DEN SCHWELLEN

Bild 4 zeigt, dass durch das Stopfen ein definiertes Schwellenaufleger geschaffen wird. Im Bereich des Eingriffs der Stopfwerkzeuge ist daher eine höhere Verdichtung vorhanden. Zum Schwellenende und zur Gleismitte hin nimmt die Verdichtung ab. Es ist aber auch ersichtlich, dass die Verdichtung entsprechend der Druckverteilung der Verkehrslast nach unten hin zunimmt.

5. FEINBESTANDTEILE (VERSCHMUTZUNG) DES SCHOTTERBETTES

5.1. ALLGEMEINES

Die durch den Kornaufbau vorgegebenen und gewünschten Eigenschaften des Schotterbettes werden verhindert, erschwert oder sogar ausgeschlossen, wenn der Anteil an Feinkorn im Schotterbett erheblich größer als der zulässige Anteil ist. Bei Neuschotter wird der Anteil an zulässigem Feinkorn in der Regel mit 3 bis 5 % des Gesamtgewichtes der Probe festgelegt.

Der im Altschotter enthaltene, **unerwünschte Anteil an Feinkorn** bestimmt daher den Gebrauchswert des Schotter und ist als **Verschmutzung** zu betrachten. Als Verschmutzung des Schotter ist derjenige Anteil an Feinkorn – gemessen in Gewichtsprozent der Gesamtprobe – anzusehen, der größer ist als der zulässige Anteil nach den technischen Lieferbedingungen. Feinkorn ist die Körnung, die die kleinste zulässige Kornform unterschreitet. (Als Feinkorn wird in der Regel eine Körnung bezeichnet, welche durch ein 22,4 mm Quadratlochsieb fällt.) Wird der Anteil an Feinkorn zu groß, ist die Wasserdurchlässigkeit nicht mehr gewährleistet und die Verschmutzung nimmt weiter zu.

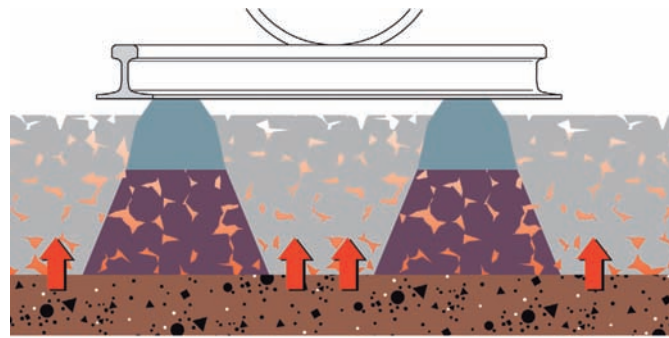
5.2. URSACHEN DER VERSCHMUTZUNG

Ursachen der Verschmutzung des Schotterbettes, die in der Folge beschrieben werden, sind

- Neuschotter,
- Betriebsbelastung,
- Überbeanspruchung des Untergrundes infolge zu geringer Bettungsstärke,
- Aufweichung des Untergrundes infolge fehlender Querneigung des Planums,
- fehlende Entwässerung,
- Aufsteigende Feinanteile infolge Überbeanspruchung des Untergrundes,
- Feinbestandteile aus Transport,
- Feinbestandteile durch Ablagerungen aus der Luft,
- Instandhaltungsarbeiten.



BILD 7: Schlamm- und Spritzstellen an der Bettungskrone



Schotter
 Betonschwellen
 Aufsteigende Verschmutzung
 Untergrund
 Lastverteilung
 Verschmutztes Schotterbett

BILD 8: Ungünstige Druckverteilung auf dem Planum

Neuschotter

Im Neuschotter sind bei Probeentnahme auf der Baustelle bis zu 5 Gew.-% Feinkorn < 22,4 mm zugelassen.

Betriebsbelastung

Nach einer Stopfung des Gleises kommt es infolge der statischen und dynamischen Kräfte zu Absplitterungen sowie Umlagerungen der Schotterkörner und damit zu Setzungen des Gleisrostes (Verlauf der Setzungen siehe Pkt. 2). Diese Absplitterungen enthalten eine entsprechende Menge an Feinteilen (< 22,4 mm). Zur Erhöhung der Scherfestig-

keit ist eine Beimischung von ca. 15 % der Körnung 16/31,5 mm (entspricht der ehemaligen Körnung 15/30 mm) erwünscht (siehe Teil 1, Pkt. 3.6). Wird jedoch der Anteil an Feinteilen größer, kommt es zu Ablagerungen in der Bettung, insbesondere im Bereich der Druckverteilung unter den Schwellen.

Eine objektive Quantifizierung dieser Menge durch Versuche, die alle o.a. Komponenten berücksichtigen, wurde bisher nicht vorgenommen. Alle bisherigen Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf das Setzungsverhalten. Lediglich amerikanische Untersuchungen geben einen Verschmut-

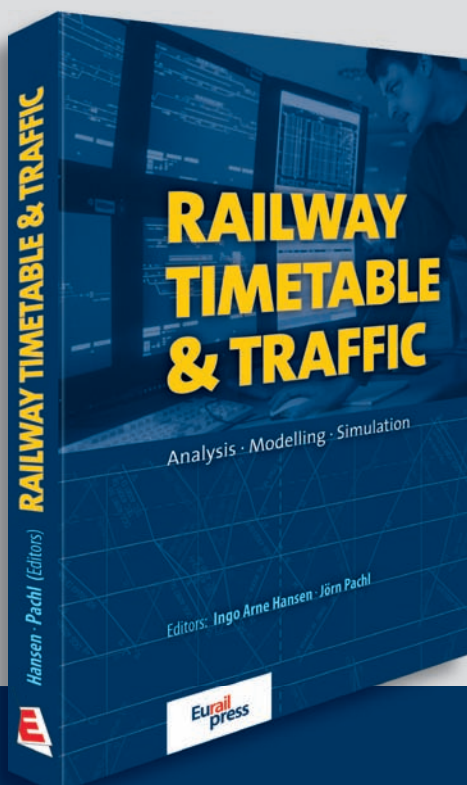
zungsanteil des Schotters < 3/8 In. (= 9,2 mm) mit 76 % der Gesamtverschmutzung an. Der Bericht enthält keinerlei Angaben über Belastung, Konstruktion und Schotterqualität. Andere Untersuchungen beziehen sich auf Schwerlaststrecken mit Achslasten bis zu 39 t.

Überbeanspruchung des Untergrundes infolge zu geringer Bettungsstärke

Ist die Bettungsstärke zu gering, ergibt sich eine ungünstige Lastverteilung auf das Planum. Das Planum wird zerstört und Feinteile gelangen in das Schotterbett (Bild 5). »

RAILWAY TIMETABLE & TRAFFIC Analysis · Modelling · Simulation

Editors: Ingo Arne Hansen · Jörn Pacht



NOW AVAILABLE!

The performance of many railway networks and the quality of services offered is becoming more and more critical. The main issues are the increasing traffic volumes, making the best use of the capacity which can be made available and resolving the priorities for its use.

This book describes current state-of-the-art methods of railway timetabling, operations analysis and modelling, simulation, and traffic management. The intention is to stimulate their broader application in practice and to identify areas where further research is needed.

It is directed primarily at academics, Masters and PhD students and professionals from the railway industry, but also public authorities that tender and monitor railway service provision. The overall aim is to improve the attractiveness and efficiency of the train services which can be offered to the public.

Save your copy today! Just send an email to: service@eurailpress.de

Technical Data: Title: Railway Timetable & Traffic, ISBN 978-3-7771-0371-6, 228 pages, Size 170 x 240 mm, Price: € 38,- + postage

Address: DVV Media Group GmbH | Eurailpress · Nordkanalstraße 36 · D-20097 Hamburg · Germany
Telephone: +49 40/2 37 14-292 · Fax: +49 40/2 37 14-104

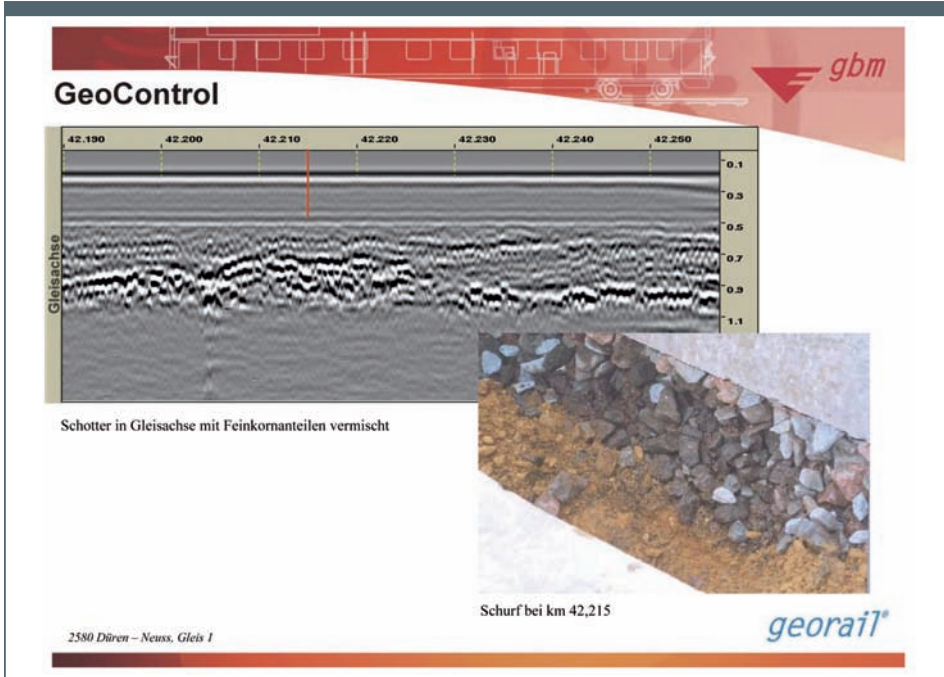


BILD 9: Georadar zur Diagnostizierung der Schotterbettverschmutzung

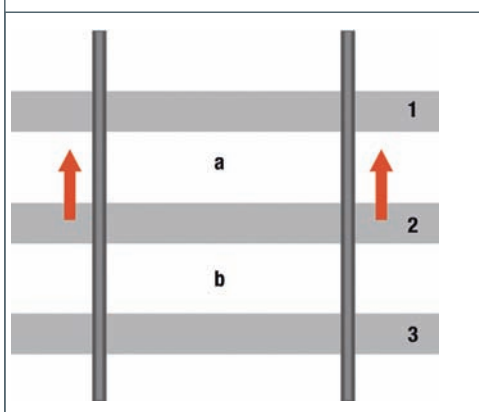


BILD 10: Vorarbeiten zur Probeentnahme

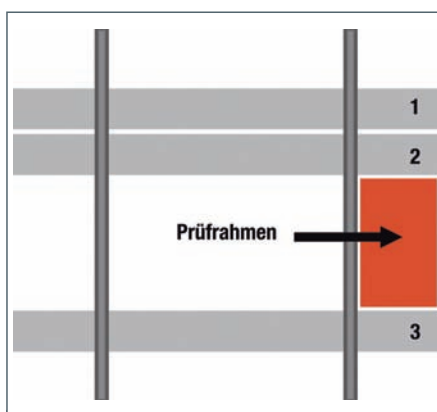


BILD 11: Probeentnahme aus dem Gleis

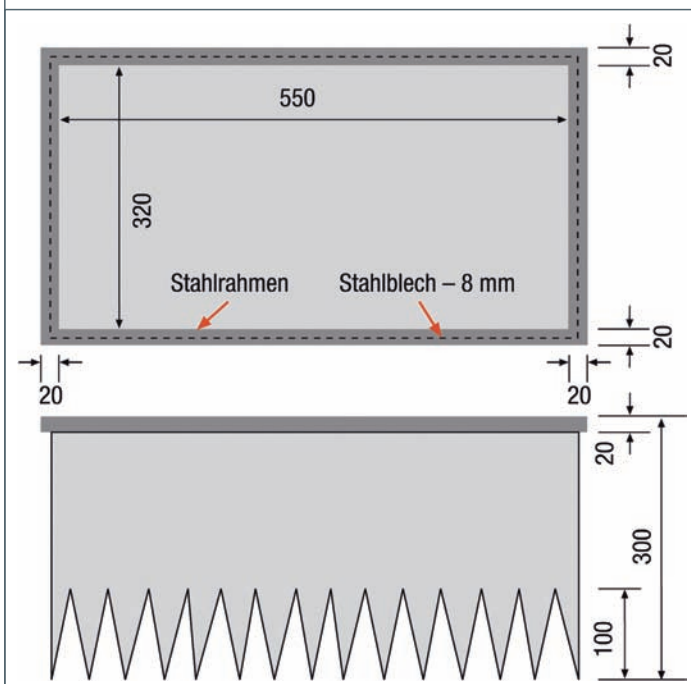


BILD 12: Prüfrahmen

Aufweichung des Untergrunds infolge fehlender Querneigung des Planums

Wenn das Unterbauplanum keine Querneigung hat, bilden sich Wassersäcke. Durch die Zugbelastung entsteht ein Pumpeffekt und dadurch tritt das Untergrundmaterial in den Gleisschotter (Bild 6).

Es entstehen an der Bettungskrone Schlamm- und Spritzstellen. Frosthebungen und Frostaufbrüche können danach die Folge sein (Bild 7).

Weitere Verformungen des Erdplanums bewirken weitere Wassersäcke und Mulden, das Wasser fließt nicht ab und das Hochpumpen von Untergrundmaterial wird verstärkt. Es tritt eine progressive Verschlechterung der Gleislage ein.

Fehlende Entwässerung

Das Oberflächenwasser kann infolge Fehlen von Entwässerungsgräben oder Drainage nicht abgeleitet werden.

Aufsteigende Feinanteile infolge Überbeanspruchung des Untergrundes

Zu einer Überbeanspruchung des Untergrundes kommt es vor allem bei organischen und bindigen Böden (Lehm, Ton). Verstärkt wird die plastische Verformung dieser Böden durch mangelhafte Entwässerung. Es kommt zu Setzungen des Untergrundes und damit zu einer unruhigen Gleislage. Der aufquellende Boden durchdringt die Bettung und es kommt zur Bildung von Spritzstößen und Spritzstellen (Bild 7).

In weiterer Folge kommt es im Winter zur Frostlinsenbildung mit den damit verbundenen Langsamfahrstellen. Die Wirksamkeit einer Gleislageberichtigung mit Stopfmaschinen ist sodann nur kurzfristig. Abhilfe kann nur durch ausreichende Entwässerung und durch den Einbau entsprechender Schutzschichten geschaffen werden.

Feinbestandteile der transportierten Güter

Je nach Örtlichkeit und Zustand der Waggons können beim Transport von Mineralstoffen oder Kohle bis zu ca. 3,6 kg/m² oder ca. 10,6 kg pro Schwelle und Jahr anfallen.

Feinbestandteile durch Ablagerungen aus der Luft

Der Anteil an sehr feinem Sand und Staubpartikeln kann bis zu 0,8 kg/m² oder 2,4 kg pro Schwelle und Jahr betragen.

Instandhaltungsarbeiten

Beim Stopfen entstehen durch Abrieb 1,8–3,9 kg Feinbestandteile je Schwelle unter den Schienenauflegern. Das sind 0,17–0,37 % des Schottervolumens pro Schwelle.

Nach einer Bettungsreinigung mit Reinigungsmaschinen beträgt der Anteil an Feinbestandteilen ca. 2,8 %, das ist weniger als der zulässige Anteil beim Neuschotter.

5.3. AUSWIRKUNGEN DER VERSCHMUTZUNG DES SCHOTTERBETTES

Sobald das Schotterbett verschmutzt ist, ergibt sich eine ungünstige Druckverteilung auf das Planum. Die Verschmutzung durch aufsteigende Feinteile aus dem Untergrund nimmt zu (Bild 8).

Im verschmutztem Schotter wird die Reibung stark herabgesetzt. Die vorhin angeführten Bedingungen für das Schotterbett sind nicht mehr gegeben. Es kommt zu einer ungleichmäßigen Setzung des Gleisrostes. Die Wiederherstellung der Gleislage durch „Stopfen“ ist nur kurze Zeit wirksam. Die Gleislage verschlechtert sich rasch, der Untergrund wird noch stärker beansprucht. Das geht so weit, bis Lehm und Ton an die Oberfläche des Schotterbettes gelangen. Im Gleis entstehen Einsenkungen, die unter Umständen zu Entgleisungen führen können.

5.4. BEURTEILUNG DES VERSCHMUTZUNGSGRADES

Beurteilung mittels Messverfahren

Einen Hinweis auf die Notwendigkeit einer Bettungsreinigung liefert der Oberbaumessschieber einer Messfahrt mit einem Messfahrzeug. Infolge Verunreinigung des Schotterbettes entstehen im Gleis kurzweilige Höhenfehler.

Gemessen wird die Einsenkung einer belasteten Achse in Bezug zu den Nachbarachsen. Ist das Schotterbett stark verunreinigt, zeigen diese Parameter (Stoßlage links u. Stoßlage rechts) sowie die Verwindungsmessung mit der Basis 5 m des Messschiebers starke Abweichungen.

Plasser & Theurer-Messfahrzeuge, die mit dem Analysesystem ADA II ausgerüstet sind, können die Ergebnisse durch Güteziffern bewerten und somit auf die Notwendigkeit einer Reinigung aufmerksam machen.

Schotterbettverschmutzung kann auch mit Hilfe von GEORADAR diagnostiziert werden (Bild 9).

Direkte Beurteilung

Augenschein und Schürfproben sind nur bedingt geeignet.

Eine direkte Beurteilung des Schotterzustandes der Bettung kann derzeit zuverlässig nur mittels Probeentnahme und Absiebung des Materials erfolgen. Wird die Probeentnahme händisch durchgeführt, hat sich die Kastenprobe als beste Methode erwiesen.

Schotterprobeentnahme mittels Kastenprobe

Die Probenentnahme ist eine Empfehlung des ehemaligen Forschungsinstitutes der UIC (vormals ERRI bzw. ORE), der UIC-Frage D 182/RP2, und ist auch in der ÖNORM 13450 enthalten.

Für jede Probeentnahme sind 2 Schwellenfächer (a und b) bis zur Unterkante der Schwelle mit der Schottergabel auszuräumen. Danach ist die Schwelle zu verschieben (Bild 10).

Für die Probeentnahme wird der aus Stahlblech gefertigte Prüfrahmen in den von Schotter ausgeräumten Teil des Schwellenfaches neben die Schiene gesetzt und mit einem Vorschlaghammer in die Bettung eingeschlagen (Bild 11). Dann ist das Probegut aus dem Prüfrahmen zu entnehmen.

Danach ist der Prüfrahmen tiefer in die Bettung einzuschlagen. Das ist solange zu wiederholen, bis der eingebaute Schotter in der Gesamtdicke der Bettung im Bereich des Prüfrahmens entnommen ist. Der Rest des Prüfgutes ist mit einer kleinen Schaufel oder Ähnlichem zu entnehmen. Dabei ist sorgsam darauf zu achten, dass das Planum oder die Planumsschutzschicht nicht verletzt wird oder gar Anteile aufgenommen werden (Bild 12).

Der Vorteil der Kastenprobe ist, dass durch Verschiebung einer Schwelle der für die Elastizität des Schotterbettes maßgebliche Bereich unter der Schwelle, der gleichzeitig auch am stärksten beansprucht ist, erfasst wird. Der in das Schotterbett bis zum Planum eingeschlagene Prüfrahmen ermöglicht die vollständige Entnahme des definierten Probevolumens und gewährleistet genaue Absiebergergebnisse.

6. NOTWENDIGKEIT DER BETTUNGSREINIGUNG

Geht man davon aus, dass mit einer Reinigung nicht gewartet werden sollte, bis das Gleis so verschmutzt ist, dass eine Stopfung keine Verbesserung der Gleislage mehr bringt, so ist aufgrund eines Vorschlages des Forschungsinstitutes der UIC (vormals ERRI, Frage D 182) der Schotter zu reinigen, wenn der Mittelwert der Proben, gemessen als Siebdurchgang durch ein 22,4 mm Qua-

dratlochsieb, eine Verschmutzung von ≥ 30 Gewichtsprozent ergibt. ←

Literatur

Fischer: Der Einfluss der Verschmutzung auf die Tragfähigkeit des Schotters TU Graz, Institut für Eisenbahnwesen.

Göbel, Lieberenz: Handbuch Erdbauwerke der Bahnen, Eurailpress.

Klotzinger, CD: Lehrbehelf – Gleis, Ausgabe 2.0, Herausgeber Plasser & Theurer.

Lichtberger: Handbuch Gleis, Tetzlaff Verlag.

ÖBB, Technische Lieferbedingungen BH 700, Ausgabe 1998.

ÖNORM EN 13450, Gesteinskörnungen für Gleisschotter, Ausgabe 2004-11-01.

Profanter, Untersuchungen an grobkörnigen Tragschichten, Dissertation an TU Graz, 1971.

Plasser & Theurer, verschiedene Prospekte Zaremski: Railway Track & Structures.

Berichtigung zu

„Der Oberbauschotter

Teil 1: Anforderungen und Beanspruchung“

in der ETR Januar+Februar 2008, Seite 40:

1) In Tabelle 2 rechts oben;

streichen:

$$h_1 = h_1 \cdot 0,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} \quad h_2 = h_2 \cdot 0,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}}$$

2) Rechte Textspalte, oberste Formeln;

Die Formeln müssen richtig lauten:

$$h_1' = h_1 \cdot 0,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} \quad h_2' = h_2 \cdot 0,9 \cdot \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}}$$

3) Rechte Textspalte, Mitte;

Es muss heißen:

p Schotterpressung unter der Schwelle (Pkt. 3.3)

4) Rechte Textspalte, unterste Formel;

Die Formel muss richtig lauten:

$$\alpha^* = \frac{\alpha^0 \cdot \pi}{180}$$

SUMMARY

Track ballast – the quality required, how it develops and when action should be taken

The theoretical part (Part 1) showed that the ballast is subjected to high pressures and strains due to traffic loads. Providing there is a good bearing subsoil, this also allows the conclusion that the main proportion of the pollution, i.e. the occurrence of fine particles with a granular size < 22.4 mm, is caused when the edges of the stones are broken due to the effect of traffic loads. The proportion of fines occurring when the track is tamped is low because the track quality curve clearly shows that settlements of the track, which arise due to breakage and re-arrangement of the ballast stones, is the result of loads acting over the course of time. The higher the initial quality of the track, the better the settlement curve will be, i.e. ballast of a very high quality should be used, particularly in tracks designed for high speeds. The proportion of fouling due to transport spillage and pollution from the air depends on the individual circumstances. Attention should be given to the remaining causes of pollution, such as insufficient ballast bed thickness, overstressing of the subsoil, lack of formation cross-fall and poor drainage, because if these causes are neglected the track quality will quickly deteriorate and reduce the service life, even with the best track construction. The best way to assess the necessity of ballast bed cleaning is by taking a hollow box ballast bed sample and in all cases this should include the area underneath the sleepers.