

Schotterbettreinigung auf eingleisigen Eisenbahnstrecken

Ballast cleaning on single-track railway lines

Dr.-Ing. Rosemarie Schilling, Hannover

Zusammenfassung

Der Artikel stellt Technologien zur Schotterbettreinigung auf eingleisigen Eisenbahnstrecken vor. Mit Hilfe des Programms SOG werden Bauabläufe für die verschiedenen Technologien erstellt und so die jeweiligen Reinigungsleistungen in Abhängigkeit von der vorgegebenen Sperrpausenlänge ermittelt. Aus der Zusammenstellung der Ergebnisse können Einsatzmöglichkeiten der untersuchten Technologien abgeleitet werden.

Der Artikel zeigt auch auf, in welcher Weise strategische Überlegungen durch Anwendung des Instrumentariums SOG durchgeführt werden können, um langfristig investitionsrelevante Entscheidungen für den Einsatz leistungsfähiger Gleisbaumaschinen zu optimieren.

Abstract

The article presents technologies of ballast cleaning for single-track railway lines. Using the program SOG (acronym in German, optimisation of track possessions) working procedures for the different technologies are provided. So the length of ballast cleaning are determined as a function of the given duration of the track possession. From the composition of the results possible fields of application of the examined technologies can be derived.

The article also presents, in which way strategic considerations can be accomplished by application of the equipment SOG, in order to optimize on a long-term basis investment-relevant decisions for the employment of efficient track laying machines.

1. Einleitung

Der aus Schienen, Schwellen und Klein-eisen bestehende Gleisrost ist bei einem klassischen Eisenbahn-Oberbau schwimmend im Schotterbett gelagert und erfüllt so die Anforderungen an einen hochwertigen Fahrweg sowohl für schnelle als auch für schwere Bahnverkehre.

Damit das Gleis die statischen und dynamischen Belastungen aus dem Bahnbetrieb schadlos aufnehmen und in den Untergrund weiterleiten kann, muss der Schotter durch eine geeignete Kornverteilung (geringe Feinkorn-Anteile) und Verzahnung der einzelnen Schotterkörner (hohe Scharfkantigkeit) ausreichende Stabilität und Elastizität aufweisen.

Die dynamischen Betriebsbelastungen führen über die Jahre dazu, dass der Schotter seine positiven Eigenschaften mehr und mehr verliert. Hohe Schotterpressungen

führen in Verbindung mit der dynamischen Beanspruchung aus dem Zugbetrieb zu Kornabrieb und Bruch einzelner Schottersteine, das Schotterbett verliert seine grobe, scharfkantige Struktur und damit auch seine Stabilität. Zusätzlich ist der Schotter einer Verschmutzung aus dem Zugbetrieb (Bremsabrieb, Ladungsrückstände, Fäkalien bei nicht geschlossenen Toiletsystemen) und durch Umwelteinflüsse ausgesetzt. Damit einhergehend verlieren auch die in Form von Stopf-Richt-Arbeiten durchgeführten Gleislagekorrekturen zunehmend ihre Nachhaltigkeit. Betriebliche Einschränkungen wie z. B. Reduzierungen der zulässigen Geschwindigkeiten müssen verfügt werden, wenn definierte Qualitäts- und Sicherheitsstandards unterschritten sind.

Sofern annähernd zeitgleich mit dem Erreichen intolerabler Schotterbetteigenschaften auch der Verschleiß an Schienen und

Schwellen deren Erneuerung erfordert, ist ein kompletter „Gleisumbau mit Bettungsreinigung“ durchzuführen. Die technologische Abwicklung solch einer Baumaßnahme ist allerdings nicht Gegenstand des vorliegenden Textes. Ansonsten ist eine Baumaßnahme ausschließlich für die Wiederherstellung eines guten Schotterbettes zu planen und durchzuführen.

Zur Wiederherstellung der erforderlichen Eigenschaften muss der Schotter gereinigt bzw. völlig ausgetauscht werden. Bei der Reinigung werden die nicht mehr nutzbaren Feianteile ausgesiebt und fehlender Schotter wird ersetzt.

Während für die Schotterzuführung bzw. auch für den Abtransport des Abraums bei zweigleisigen Eisenbahnstrecken zumindest zeitweilig das jeweilige Nachbargleis genutzt werden kann, sind bei eingleisigen Eisenbahnstrecken andere Lösungen gefragt. Da ein Eisenbahnfahrweg in der



Bild 1: Baustelle für Schotterbettreinigung auf eingleisigem Streckenabschnitt

Regel nicht durchgängig frei zugänglich ist und eine feldseitige Materialzu- und -abfuhr bei Schotterbettreinigungen über lange Streckenabschnitte sehr viel freie Fläche erfordert, ist die Technologie mit feldseitiger Baustellenver- und -entsorgung häufig problematisch bzw. gar nicht möglich. In solchen Fällen ist die gleisgebundene Schotterbettreinigung mit Materialzu- und -abfuhr über das zu behandelnde „Baugleis“ die geeignete Technologie, sofern ausreichend betriebliche Sperrpausen zur Verfügung stehen, in denen ak-

zeptable Baufortschritte erreicht werden können. (Bild 1)

2. Technologien zur Schotterbettreinigung auf eingleisigen Eisenbahnstrecken

Eine wesentliche Voraussetzung für die gleisgebundene Schotterbettreinigung auf Eisenbahnstrecken, bei denen hohe Verfügbarkeit gefordert wird und daher betrieb-

liche Sperrpausen so gering wie möglich zu halten sind, ist die Anwendung hoch effizienter Technologien mit entsprechend leistungsfähigen Maschinen.

Prinzipiell ist der Schotter bzw. das im Schotterbett befindliche Material zu entnehmen, noch brauchbare Bestandteile sind durch Siebung vom Abraum zu trennen und zusammen mit dem erforderlichen Neuschotter wieder einzubauen. Anschließend ist das Gleis wieder auf eine korrekte Gleislage zu bringen und ausreichend zu stabilisieren. Bei größerem Bedarf an

Bettungsreinigung und Neuschottereinbau auf einer Maschine!





Wenn doch nur alles so easy wäre...

... wie mit unserer bewährten Hochleistungsbettungsreinigungsmaschine RM 900



Schweerbau GmbH & Co. KG · Gleisbau · Schienenbearbeitung · Tiefbau www.schweerbau.de
 Industriestraße 12 · D-31655 Stadthagen · Tel.: + 49 (0) 57 21 78 04-0 · Fax: + 49 (0) 57 21 78 04-50 · e-mail: stadthagen@schweerbau.de

Tafel 1: Arbeitsgänge im Rahmen der Schotterbettreinigung

Arbeitsgang Nr.	Arbeitsgang-Bezeichnung
Vorarbeiten	
1	Vermarkung von Richtung und Höhe der Gleise
2	Schneiden der lückenlos verschweißten Schienen
3	Anbringen von Laschenverbindungen
Hauptarbeiten	
4	Schotterbettreinigung mit Verladung des Abraums
5	Stopfrichtarbeiten, 1. Durchgang
6	Neuschotter entladen für den 2. Durchgang Stopfrichtarbeiten
7	Stopfrichtarbeiten, 2. Durchgang
8	Neuschotter entladen für den 3. Durchgang Stopfrichtarbeiten
9	Stopfrichtarbeiten, 3. Durchgang
10	Schienen nach erfolgter Ent- und Verspannung lückenlos verschweißen

Neuschotter wird mehrfach hintereinander Schotter eingebracht und verdichtet und die Gleislage so schrittweise auf das korrekte Maß gebracht. Damit die Schienen bei lückenlos verschweißtem Gleis keine zu großen Spannungen erleiden, sind diese vor Beginn der eigentlichen Arbeiten auf-

zuschneiden und zu verlaschen und im Anschluss an die letzten Stopfrichtarbeiten bei Erreichen der korrekten Gleislage wieder lückenlos zu verschweißen. Die einzelnen Arbeitsschritte sind getrennt nach Vor- und Hauptarbeiten in *Tafel 1* zusammengestellt.

Zur gleisgebundenen Durchführung dieser Arbeiten auf eingleisigen Strecken kann nur das Baugleis genutzt werden. Daher muss die Materialzu- und -abfuhr auf dem Baugleis vor und hinter der Reinigungsmaschine erfolgen (*Bild 1*).

Für den Abraum bietet sich der Einsatz von sogenannten Materialförder- und Siloeinheiten (MFS) an, die durch ein Transportband am Wagenboden den von der Reinigungsmaschine eingefüllten Abraum in Arbeitsrichtung nach vorne transportieren, wo er über ein schwenkbares Förderband in die nächsten MFS umgeladen wird (*Bild 2*). Die Anzahl erforderlicher MFS ist auf den Arbeitsfortschritt der Reinigungsmaschine abzustimmen, damit diese unter Ausnutzung ihrer Möglichkeiten wirtschaftlich arbeitet. Dazu sind so viele MFS vorzusehen, dass die jeweils vollen Wagen mit einer Arbeitslokomotive abgefahren, an geeigneter Stelle entladen und rechtzeitig wieder zurückgefahren werden können um erneut Material aufzunehmen, bevor die vor der Reinigungsmaschine verbliebenen Wagen gefüllt sind. Die Menge der stündlich anfallenden Bettungsrückstände richtet sich neben dem vorhandenen Bettungsquerschnitt und dem Verschmutzungsgrad des Schotters im Wesentlichen



Bild 2: Materialförder- und Siloeinheit (MFS)

nach der Leistung der Reinigungsmaschine. Bei der Volumenbestimmung ist zusätzlich der Auflockerungsgrad zu berücksichtigen. Da die Abfuhr in Arbeitsrichtung nach vorne erfolgt, hat sie keinen Einfluss auf nachfolgende Arbeitsgänge, sofern der kontinuierliche Abtransport durch ausreichend viele MFS gewährleistet ist.

Für die Zuführung des Neuschotters bietet sich der Einsatz von Schotter selbstentladewagen an, deren Anzahl ebenfalls auf den Bauablauf abzustimmen ist. Je nach Gleisverfügbarkeit können ausreichend Wagen für den gesamten in der jeweiligen Sperrpause bearbeiteten Abschnitt mitgeführt werden. Alternativ kann während des Einbaus zurückgefahren werden, um weiteren Neuschotter zu holen. Ein nachfolgender Arbeitsgang kann frühestens nach der letzten Nachschubfahrt hinter dem Schotterzug in den Bauabschnitt einfahren. Außerdem muss in diesem Fall ausreichend Gleislänge für den Schotterzug und die Reinigungsmaschine verfügbar sein, damit diese die Baustelle für den nachfolgenden Arbeitsgang räumen können. Der entscheidende Parameter für die jeweilige Schottermenge, die pro Materialzuführungsfahrt im Baugleis benötigt wird, ist der Verschmutzungsgrad des Schotters, der durch die Technologie nicht beeinflusst wird und daher als gegeben zu betrachten ist. Zusätzlich ist die erforderliche Menge von der jeweils bearbeiteten Gleislänge und damit von den Maschinenleistungen bzw. von den Sperrpausendauern abhängig.

Falls nur eine begrenzte Anzahl Schotter selbstentladewagen verfügbar ist, bestimmt deren Anzahl, wann eine Rückfahrt erforderlich wird, um Neumaterial zu holen. Erst nach Durchführung der letzten Materialfahrt können Stopfrichtmaschine, Schotterpflug und Dynamischer Gleisstabilisator in das gesperrte Gleis einfahren und mit ihrer Arbeit beginnen. Hieraus resultiert die Strategie, die letzte Materialfahrt mit möglichst vielen Wagen durchzuführen, damit sie so früh wie möglich stattfindet. Dieser Zusammenhang ist anschaulich aus Bild 3 ersichtlich.

Für die Schotterbettreinigung sind verschiedene Maschinen auf dem Markt, mit denen sich infolge ihrer unterschiedlichen Leistungsfähigkeiten und auch unterschiedlichen Funktionalitäten verschiedene Effek-

tivitäten erzielen lassen. Die wesentlichen Unterschiede mit Einfluss auf den Bauablauf ergeben sich aus den Funktionalitäten der Maschinen, bei denen verschiedene Kombinationen von Arbeitsaggregaten integriert sein können.

Für die in Tafel 2 zusammengestellten drei Reinigungs-Technologien werden nachfolgend anhand eines Beispiels mit verschiedenen baubetrieblichen Varianten die Bauablaufplanung und die daraus resultierenden Ergebnisse aufgezeigt. Dabei sind solche Maschinen der Firma Plasser & Theurer ausgewählt worden, die von ihrer Leistungsfähigkeit her für den Einsatz in sperrzeitempfindlichen Baustellen in Frage kommen können. Die gewählten Maschinenkonstellationen repräsentieren beispielhaft eine mittel leistungsfähige, eine

hoch leistungsfähige und eine sehr hoch leistungsfähige Technologie. Es werden jeweils eine Reinigungsmaschine, MFS für den Abtransport des Abraums nach vorne, Schotter selbstentladewagen für die Zuführung des Neuschotters und Mechanisierte Durcharbeitungszüge (MDZ) für die Herstellung der korrekten Gleislage mit Verdichtung und Stabilisierung eingesetzt. Der Einsatz des Dynamischen Gleisstabilisators soll die Wiederinbetriebnahme des gereinigten Gleises mit Streckengeschwindigkeit unmittelbar nach Fertigstellung ermöglichen.

Die angesetzten Leistungswerte bei den Reinigungsmaschinen sind auf erschwerte Einsatzbedingungen aus der Praxis abgestimmt, wie sie bei einer Erstreinigung zu erwarten sind. Sie setzen gut eingear-

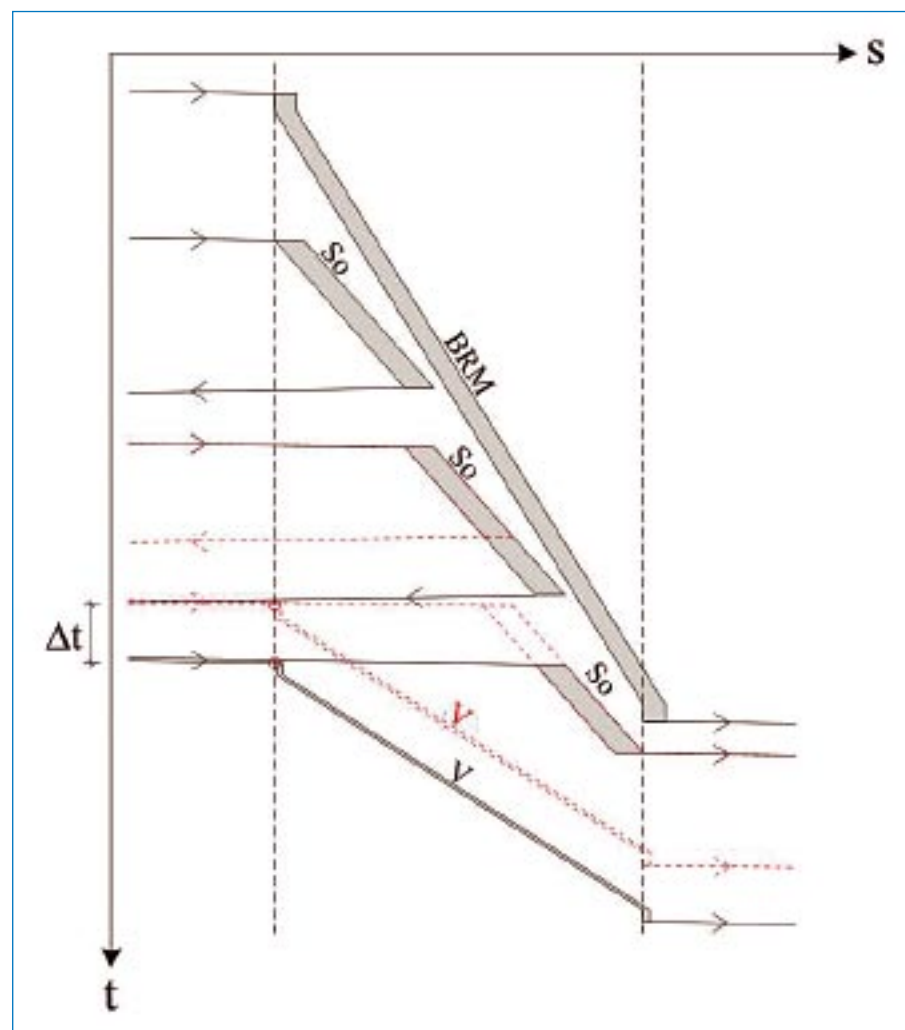


Bild 3: Einfluss der Schotterwagenanzahl bei der letzten Materialfahrt auf nachfolgende Arbeitsgänge

Tafel 2: Definition von Technologien für die Schotterbettreinigung

Reinigungs-Technologie Nr.		1	2	3
Leistungsfähigkeit		mittel	hoch	sehr hoch
Reinigungsmaschine, jeweils ohne Verdichteinrichtung		RM 76 (195 m/h)	RM 80 (230 m/h)	RM 2002 (350 m/h)
Abraum mit Materialförder- und Siloeinheiten (MFS) Einheiten werden kontinuierlich zum Entleeren abgefahren		MFS 100 (68 m ³ , ca. 100 t)		
Schotterzuführung mit Schotter selbstentladewagen		Schotterwagen (54 m ³ , ca. 80 t)		
1. Mechanisierter Durcharbeitungszug (MDZ 1)	Stopfrichtmaschine	09-32	09-32	09-3X
	Schotterpflug	SSP 203	SSP 203	SSP 110
	Dynamischer Gleisstabilisator	DGS 62 N		
2. Mechanisierter Durcharbeitungszug (MDZ 2)	Stopfrichtmaschine	09-32	09-3X	09-3X
	Schotterpflug	SSP 203	SSP 110	SSP 110
	Dynamischer Gleisstabilisator	DGS 62 N		

beitetes Bedienungspersonal, gut gewartete Maschinen und keine unvorhergesehenen Arbeitsunterbrechungen voraus.

3. Schotterbettreinigung auf 1 000 km eingleisigen Eisenbahnstrecken innerhalb von 10 Jahren (Aufgabenstellung)

Für die nachfolgend formulierte Aufgabenstellung soll abgeschätzt werden, in welcher Weise die in *Tafel 2* definierten Reinigungs-Technologien zur Lösung dieser Aufgabe geeignet sind.

Aufgabenstellung:

Für gleichartige Streckenteile eines größeren Eisenbahnnetzes, die insgesamt 1 000 km Länge ausmachen, ist eine langfristige Instandhaltungsplanung durchzuführen. Bei den Strecken handelt es sich um eingleisige Schwerlaststrecken in Breitspur. Das Gleisbett ist stark verschmutzt, so dass häufige Gleislagekorrekturen erforderlich werden. Die ca. 200 km Überholgleise sind ebenfalls stark verschmutzt.

Als Sanierungsmaßnahme soll innerhalb der nächsten zehn Jahre eine Schotterbettreinigung durchgeführt werden. Nach der

Reinigung muss das Gleis mit der maximal zulässigen Geschwindigkeit von 80 km/h befahrbar sein. Der Abraum kann nicht seitlich gelagert werden. Witterungsbedingt kann während zwei von den zwölf Monaten des Jahres nicht gearbeitet werden. Für die gereinigten Streckenabschnitte streckt sich die Gleislagekorrektur auf einen Zweijahresrhythmus, wodurch die erforderliche Jahresleistung an Gleislagekorrekturen sukzessive mit erledigter Schotterbettreinigung sinkt.

Für die Lösung der Aufgabenstellung kann die Summe der einzelnen Streckenteile auch wie eine einzige Strecke betrachtet werden, da zur Definition einzelner Baustellen ohnehin eine Aufteilung in Bauabschnitte notwendig wird.

Nachfolgend sind die einzelnen Parameter dieser Modellstrecke aufgelistet:

- 1 000 km eingleisige Strecken und ca. 200 km Bahnhofsgleise (Ausweichstellen),
- 60 Ausweichstellen à 2,5 km Länge (durchschnittlich alle 16,5 km),
- Spurweite: 1 600 mm,
- durchgehend verschweißte Schienen,
- Streckengeschwindigkeit $v_{max} = 80$ km/h,
- täglich acht Züge pro Richtung

= 16 Züge pro Tag und

- 31,5 t Radsatzlast.

Im Mittel wird bei den eingleisigen Strecken ein Abstand zwischen den Ausweichstellen von 16,5 km angenommen, so dass sich für die Musterbaustelle eine Länge von 14 km zwischen zwei Ausweichstellen ergibt.

Aus der geforderten Bearbeitungsfrist lässt sich eine erforderliche jährliche Reinigungsleistung von 100 km Streckengleise und 20 km Bahnhofsgleise ableiten.

Wenn wegen der Ausfallzeiten nur zehn Monate des Jahres gearbeitet werden kann, müssen pro Woche 2,273 km Streckengleise gereinigt werden. Das bedeutet bei einer 7-Tage-Woche eine Tagesleistung von mindestens 325 m Streckengleise. Zusätzlich müssen pro Woche 500 m Bahnhofsgleise gereinigt werden, die wegen der dort bestehenden Zweigleisigkeit nicht ganz so sperrzeitproblematisch sind.

4. Bauablaufplanung für die Schotterbettreinigung der Modellstrecke

Mit Hilfe des Programmsystems SOG (Sperrpausenoptimierung im Gleisbau),

das am Institut für Verkehrswesen, Eisenbahnbau und -betrieb (IVE) der Universität Hannover entwickelt wurde, lassen sich die Bauabläufe in Form von Zeit-Weg-Linienplanen und für verschiedene Randbedingungen Varianten ableiten. Der Grad der Detaillierung ist dabei grundsätzlich beliebig. Je detaillierter die einzelnen Arbeitsgänge definiert sind, um so detailgetreuer kann der Bauablauf abgebildet werden. Für die hier formulierte strategische Fragestellung nach der geeigneten Technologie für einen großen Streckenbereich ist eine Abschätzung möglicher Leistungen in gegebenen Sperrpausen bzw. eine Abschätzung akzeptabler Sperrpausendauern gesucht und nicht der konkrete Bauablauf im Sinne eines Ausführungsplans. Daher reicht es aus, die für diese Fragestellung entscheidenden Arbeitsgänge im Bauablauf darzustellen.

Die Schotterbettreinigung für die gesamten 1000 km wird exemplarisch anhand einer Musterbaustelle geplant, die gerade den Gleisabschnitt zwischen zwei Überholbahnhöfen betrifft.

Für die Planung der Reinigungsarbeiten wird ein Detaillierungsgrad gewählt, bei dem die in *Tafel 1* als Hauptarbeiten aufgeführten Arbeiten jeweils als eigene Zeit-Weg-Linie berechnet und abgebildet werden. Jede Zeit-Weg-Linie beinhaltet dabei die Anfahrt in den gesperrten Gleisabschnitt zum Baustellenbeginn, das Aufrüsten der Arbeitsaggregate, das eigentliche Arbeiten, das Abrüsten der Arbeitsaggregate und die Abfahrt aus dem Baugleis.

Bei der Reinigungsmaschine ist beispielsweise die Zeitdauer für das Einbringen der Räumkette Bestandteil der Aufrüstzeit. Die Vorarbeiten können in natürlichen Zugpausen jeweils unmittelbar vor der eigentlichen Gleissperrung durchgeführt werden. Das Verschweißen der Schienen erfolgt jeweils im Anschluss an den letzten Durchgang des MDZ.

Zunächst sind geeignete baubetriebliche Varianten zusammenzustellen, für die mittels einer systematischen Bauablaufplanung die Anzahl der jeweils erforderlichen Sperrpausen festgestellt werden soll. In diesem Text wird auf die Fahrplangestaltung nur insoweit eingegangen, als die Dauer und wöchentliche Zuordnung der Sperrpausen variiert wird.

Folgende Betriebsvarianten werden definiert:

- Sperrpausen (d. h. relativ kurze Betriebsunterbrechung) mit unterschiedlichen Zeitdauern von 3 h, 4 h und 5 h. Diese Variante ist vor dem Hintergrund formuliert, dass die Zugdichte ungleichmäßig über den Tag verteilt ist. In diesem Fall sind die Sperrpausen in die betriebsschwächsten Phasen zu terminieren.
- Längere Betriebsunterbrechung als Wochenend-Dauersperre mit mehrfacher Personalbesetzung, so dass ununterbrochen mit wechselnden Schichten gearbeitet werden kann. Diese Variante ist vor dem Hintergrund formuliert, dass die Zugdichte ungleichmäßig über die Woche verteilt ist. In

diesem Fall könnten längere Sperrpausen z. B. am Wochenende realisiert werden.

- Zusätzliche Variante: zwei verschieden lange Sperrpausen (eine für Reinigung mit erstem und zweitem MDZ-Durchgang, die zweite für den dritten MDZ-Durchgang mit Einbau von Neuschotter).

Diese Variante beschäftigt sich mit der Idee, eine längere nächtliche Sperrpause mit einer im Tagesverlauf (oder auch in der nächsten Nacht) nachfolgenden kürzeren Sperrpause zu realisieren.

Für diese betrieblichen Randbedingungen ist sodann die Bauablaufplanung vorzunehmen. Hier zeigt sich, dass je nach Maschinenkonstellation unterschiedliche Arbeitsgänge erforderlich sind. So könnte der erste Stopfdurchgang (Arbeitsgang Nr. 5 in *Tafel 1*) entfallen, wenn dieser durch ein in der Reinigungsmaschine integriertes Arbeitsaggregat durchgeführt werden kann und somit keine eigene Maschine benötigt wird. Da die Verdichteinrichtung nicht serienmäßig in den Reinigungsmaschinen eingebaut ist, wird diese Einrichtung in der nachfolgend beschriebenen Planung bei allen drei Technologien nicht vorausgesetzt.

Ein weiterer Parameter ist die Anzahl der MDZ. Hier werden für alle drei Technologien zwei MDZ eingeplant, wobei die Leistungsfähigkeiten unterschiedlich sind. So sind lediglich die verschiedenen Möglichkeiten zu prüfen, nach denen die drei Stopfgänge auf die beiden jeweils verfügbaren

Tafel 3: Anzahl erforderlicher MFS

Reinigungs- maschine	Leistung	Anzahl MFS-Füllungen		Dauer je MFS-Füllung	erforderliche Anzahl MFS bei kontinuierlicher Reinigung und Dauersperre	
		je 50 m Gleis	je h		bei 20 Min je Abfuhr	bei 30 Min je Abfuhr
RM 76	195	1	4	15	6	8
RM 80	230	1	5	13	7	10
RM 2002	350	1	7	9	16	24

baren MDZ verteilt werden. Da im Beispiel wegen des großen Verunreinigungsgrades zweimal Schotter eingebaut werden muss, um den gesamten Bedarf zu decken, und zu jedem Schottereinbau ein Stopfgang erforderlich ist, kann der MDZ für den zweiten und dritten Durchgang erst hinter dem Schotterzug einfahren und muss vor ihm wieder zurück ausfahren. Bei kurzen Reinigungs-längen kann allerdings soviel Schotter mitgeführt werden, dass der zweite

raum mit kurzen Wegen entladen werden kann, so dass die MFS nach Abfahrt, Entladung (alle MFS werden gleichzeitig entladen) und Rückfahrt innerhalb eines Zeitraums von 20 min wieder zurück sein können. Entsprechend dem Leistungsvermögen der Reinigungsmaschine ergeben sich für das erwartete Volumen von ca. einer MFS-Füllung je 50 m Gleis (Breitspur) unterschiedliche Fülldauern, aus denen in *Tafel 3* die jeweils erforderliche Anzahl an

Für den Sperrpausenbetrieb wird der in *Bild 4* dargestellte Bauablauf zugrunde gelegt, bei dem ab der dritten Sperrpause bis zur drittletzten Sperrpause jeweils die gleichen Arbeitsgänge durchgeführt werden. Während die Reinigungsmaschine somit einschließlich der zweitletzten Sperrpause im Einsatz ist, finden in der letzten Sperrpause der zweite Stopfdurchgang für den letzten Reinigungsabschnitt und der dritte Stopfdurchgang jeweils für den zweitletz-

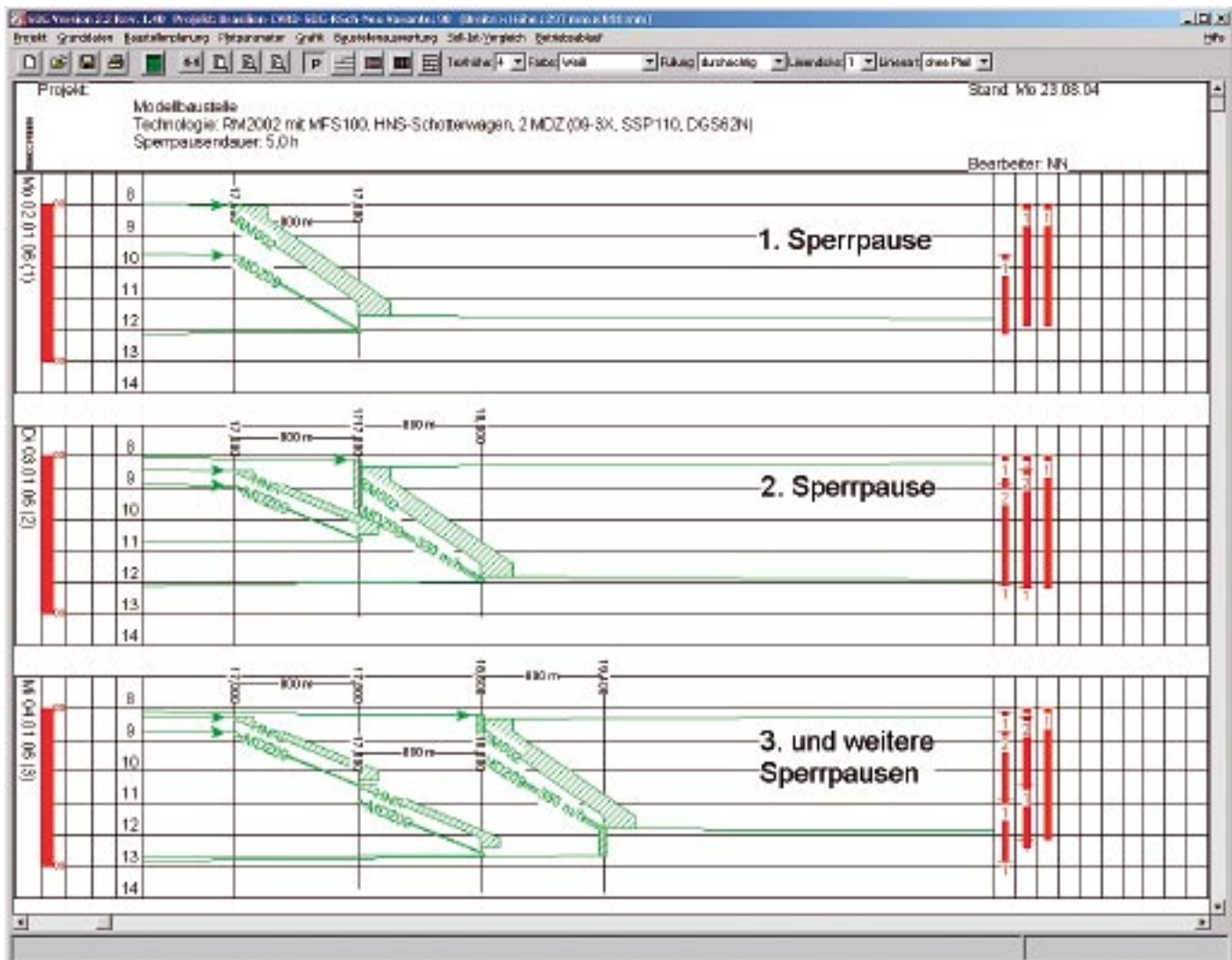


Bild 4: Darstellung des prinzipiellen Bauablaufs in den ersten 3 Sperrpausen

Durchgang in einem Bauabschnitt und der dritte Durchgang im benachbarten Bauabschnitt durchgeführt werden können, ohne zwischendurch Material nachzuholen. Für die Anzahl der MFS wird unterstellt, dass in relativer Nähe der Baustelle Depo-nien vorhanden sind, auf die der Ab-

MFS hochgerechnet wurde. Dabei wurde für das Umfüllen eines MFS in einen angekuppelten MFS eine Zeitdauer von 8 min angesetzt und ein kontinuierliches Arbeiten der Reinigungsmaschine vorausgesetzt. *Tafel 3* zeigt auch den Einfluss einer längeren Abfuhrdauer von 30 Minuten.

ten und den letzten Reinigungsabschnitt statt. Eine weitere Sperrpause wird eingeplant für die restliche Herstellung des lückenlosen Gleises durch Oberbauschweißen. Die Länge, die innerhalb einer Sperrpause gereinigt werden kann, reduziert sich we-

gen der zunehmenden An- und Abfahrweglängen bis zur Mitte hin und nimmt mit Wandern der Baustelle in die Nähe des benachbarten Abstellbahnhofes bzw. im Beispiel der Ausweichstelle wieder zu. Im Ergebnis werden Mittelwerte für die Reinigungslängen je Sperrpause angegeben, womit die aus den verschiedenen langen An- und Abfahrwegen resultierenden Unterschiede berücksichtigt sind. Auch die Reinigungslänge im letzten Bauabschnitt, für die sich unterschiedliche Restlängen ergeben, ist in der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.

Eine besondere Problematik bezüglich der Neuschotterzuführung ergibt sich bei großen Reinigungslängen, wie sie bei Wochenendsperrpausen realisierbar sind. Hier kann die Schotterzuführung nicht mit einer einzigen Materialfahrt erledigt werden, da bei einem Schotterbedarf von 1,5 t/m schnell sehr große Mengen zusammenkommen. Die entleerten Schotterwagen müssen zurück gefahren werden, um mit weiterem Neuschotter wieder befüllt zu werden, während die Reinigungsmaschine im Gleis weiter arbeitet. Das bedeutet auch, dass der MDZ entweder jedes Mal mit dem Schotterzug aus dem Gleis in den zurückliegenden Bahnhof fährt oder überhaupt erst nach Ende der letzten Materialfahrt mit seiner Arbeit beginnt.

Rechnet man mit einem Fassungsvermögen von 80 t je Schotterwagen und jeweils 0,75 t/m für die beiden MDZ-Durchgänge, dann ergibt sich für jeden MDZ-Durchgang für 1 000 m gereinigtes Gleis bereits ein Bedarf von 800 t Neuschotter in zehn Wagen.

Um die Zeiten für Neuschotterzuführung zu minimieren, sollten ausreichend Schot-

terwagen und entsprechende Triebfahrzeugleistung verfügbar sein.

5. Ergebnisse der Bauablauf-Planungen für die Musterbaustelle

Tafel 4 zeigt die Ergebnisse der Variantenuntersuchung für alle drei Technologien und die beschriebenen Betriebsvarianten, jeweils für eine Musterbaustelle von 14 km

ler Sperrpausenstunden mit zunehmender Länge der einzelnen Sperrpausen verkürzt und erwartungsgemäß bei Dauersperrpausen ihr Minimum annimmt, da hier die unproduktiven An- und Abfahrten und Auf- und Abrüstvorgänge minimiert sind.

Einige weitere Erkenntnisse werden im Folgenden diskutiert und erläutert.

Variante „11 h + 5 h“ bzw. „11 h + 7 h“: Diese Variante erlaubt eine vollständige Schotterbettreinigung in der ersten Sperrpause, wobei das Gleis für den Betrieb befahr-

Tafel 4: Ergebnisse der strategischen Bauablaufplanungen für eine Musterbaustelle

Reinigungs-Technologie (Nr.)			RM 76 (1)	RM 80 (2)	RM 2002 (3)
Reinigungsmeter je Sperrpause [m] - Mittelwerte -	2 MDZ	3 h	298	352	552
		4 h	488	580	901
		5 h	687	813	1.266
		11 h + 5 h	1.673	2.013	-
		11 h + 7 h	-	-	3.083
	3 MDZ	11 h	1.673	2.013	3.083
Anzahl Sperrpausen je 14 km-Abschnitt (inkl. Oberbauschweißen)	2 MDZ	3 h	49	42	28
		4 h	31	27	18
		5 h	23	20	14
		11 h + 5 h	10	9	-
		11 h + 7 h	-	-	5
	3 MDZ	11 h	10	9	5
Summe Sperrpausenstunden je 14 km-Abschnitt (inkl. Oberbauschweißen)	2 MDZ	3 h	147	120	84
		4 h	124	108	72
		5 h	115	100	70
		11 h + 5 h	149	117	-
		11 h + 7 h	-	-	82
	3 MDZ	11 h	99	82	61
Sperrdauer bei Dauersperrpausen [h] (inkl. Oberbauschweißen)	2 MDZ	Dauer-Sperre	119	101	85
	3 MDZ		82	77	50

Länge. Eine Variante „Dauersperrpausen“ ist der Vollständigkeit halber zu Vergleichszwecken ebenfalls bearbeitet worden.

Ein Blick auf die Sperrpausensummen bestätigt zunächst, wie sich die Summe al-

bar ist, wenn zwei MDZ-Einsätze geleistet sind (gewählt: 11 h). Für den abschließenden MDZ-Einsatz ist dann nur eine relativ kurze Sperrpause erforderlich. Hier zeigt sich, dass die zweite kürzere Sperrpause in

Abhängigkeit von Reinigungsleistung und Leistungsfähigkeit des MDZ dimensioniert werden muss. Sie muss ausreichen, um für den bereits gereinigten Bauabschnitt den letzten Neuschottereinbau mit anschließendem MDZ-Durchgang fertigzustellen. Für die Technologien 1 und 2 ist jeweils eine fünfstündige Nachlauf-Sperrpause günstig, die Technologie 3 mit der großen Reinigungsleistung dagegen erfordert eine siebenstündige Nachlauf-Sperrpause.

Bei Verfügbarkeit von drei MDZ wäre diese Nachlauf-Sperrpause bei allen drei Technologien vollständig verzichtbar. Der dritte MDZ könnte in den 11 h langen Sperrpausen die bereits bearbeiteten Abschnitte in Solllage bringen, abschließend verdichten und ausreichend für eine uneingeschränkte Betriebsfreigabe stabilisieren.

Abstimmung der Maschinenleistungen: Die Untersuchung der Varianten zeigt, wie wichtig es ist, dass die verschiedenen Maschinenleistungen aufeinander abgestimmt sind. Allein die Reinigungsmaschine verfügt über eine Leistungsfähigkeit, mit der sogar die als nicht sehr hoch eingestufte Technologie 1 mit der RM76 im Mittel 300 m Gleis in einer nur dreistündigen Sperrpause reinigen kann. Wenn hier – wie in der Berechnung angenommen – aber nur zwei MDZ verfügbar sind, so reicht deren Leistungsfähigkeit nur knapp aus, den zweiten und dritten MDZ-Durchgang hinter der Reinigungsmaschine in einer nachfolgenden Sperrpause zu leisten. Diese Problematik zeigt sich natürlich besonders bei der sehr leistungsfähigen Technologie mit der RM2002, wo nur mit einer Dreischwellenstopfmaschine oder vergleichbaren Maschinen die geforderte Leistung erbracht werden kann.

Betrachtet man die Ergebnisse mit der Fragestellung, welche Technologien und welche Betriebsvarianten sich für die eingleisigen Modellstrecken mit insgesamt 1 000 km Gleislänge eignen, so kann die

Technologie 1 bei 3-h-Sperrpausen ausgeschlossen werden. Hier wird die geforderte Reinigungslänge von täglich 325 m im Jahresdurchschnitt nicht erreicht. Mit allen anderen Varianten ist die Lösung der gegebenen Aufgabenstellung grundsätzlich realisierbar.

6. Zusammenfassung und Fazit

Die strategische Untersuchung zur Schotterbettreinigung von insgesamt 1 000 km eingleisigen Eisenbahnstrecken zeigt, dass solch eine Ertüchtigung mit Hilfe gleisgebundener Technologien durchführbar ist, ohne den Betrieb zu blockieren. In Sperrpausen von 3 und 4 h Dauer können bereits baubetrieblich akzeptable Reinigungsleistungen erreicht werden. Eine Betriebsdichte von 16 Zügen pro Tag sollte Sperrpausen mit 3 und 4 h Dauer ermöglichen. Wenn allerdings längere nächtliche Sperrungen mit anschließender kürzerer Sperrpause analog zu den Varianten „11 h + 5 h“ bzw. „11 h + 7 h“ betrieblich denkbar sind, dann sind sie unbedingt zu bevorzugen. Denn die unproduktiven An- und Abfahrten mit den wiederholten Auf- und Abrüstvorgängen erhöhen die Baukosten durch eine längere Bindung von Maschinen und Personal.

Damit sind auch Reinigungszyklen von zehn Jahren für insgesamt 1 000 km Gleis-

länge möglich, wozu lediglich die in den verschiedenen Technologien genannten Maschinen verfügbar zu halten wären. Allerdings kann festgehalten werden, dass solche Reinigungszyklen bei einem gut instandgehaltenen Gleis trotz hoher Betriebsbelastung in der Regel nicht erforderlich sind. Hier sind im konkreten Fall die jeweiligen Randbedingungen entscheidend, die aus der Ober- und Unterbaukonstruktion, der Betriebsbelastung und der Umgebung Einfluss auf die Verschmutzung des Schotters nehmen.

Die Bearbeitung der gestellten Musteraufgabe zeigt auch, wie nützlich solche strategischen Untersuchungen für langfristige Entscheidungen sowohl bezüglich der Oberbaugestaltung als auch bezüglich der Instandhaltungsplanung in Verbindung mit betrieblichen Vorgaben aus der Fahrplangegestaltung sein können. Letztlich führen entsprechende Strategieuntersuchungen unter Zugrundelegung der tatsächlich vorhandenen Parameter des individuellen Streckennetzes zu einer optimierten Investitionsplanung auch hinsichtlich des Einsatzes großer Gleisbaumaschinen.

– A 173 –

(Indexstichworte: Eisenbahn-Oberbau, Fahrwegtechnik, Instandhaltung)

(Bildnachweis: 1, 3 u. 4, Autorin; 2, Plas-ser & Theurer)



Dr.-Ing. Rosemarie Schilling (47). Bauzeichnerlehre bei der Deutschen Bundesbahn in Münster mit anschließenden Bauzeichnertätigkeiten, Studium des Bauingenieurwesens mit Vertiefungsrichtung Verkehrswesen an der Fachhochschule Münster

und an der Universität Hannover, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Verkehrswe-

sen, Eisenbahnbau und betrieb der Universität Hannover, 2000 Promotion an der Universität Hannover mit dem Thema „Modell für eine kostenoptimierte Instandhaltung in großen Netzen des spurgeführten Verkehrs“. Seit Oktober 2000 leitende Mitarbeiterin bei der Ingenieurgesellschaft für Verkehrs- und Eisenbahnwesen IVE mbH.

Anschrift: Vahrenwalder Platz 3, 30165 Hannover, Deutschland.

E-Mail: schilling@ive-mbh.de