

Besohlte Schwellen im netzweiten Einsatz

In einer zyklischen Investitions- und Instandhaltungsstrategie wird das Gleis nach Ablauf seiner Gesamtnutzungsdauer zur Gänze erneuert. Der Zeitpunkt dieser Erneuerung wird dabei zum Einen von den Komponentennutzungsdauern und zum Anderen von den entstehenden Kosten definiert.

➔ Die Schiene kann bei Erreichen ihrer Nutzungsdauer (Verschleißgrenze, Dauerfestigkeitsgrenze) technisch vergleichsweise einfach und auch kostengünstig getauscht werden. Die Frage, ob ein solcher Komponententausch auch wirtschaftlich sinnvoll ist, kann daher auf Basis von Lebenszykluskosten im Abgleich mit den Restnutzungsdauern der anderen beiden Hauptkomponenten – Schwelle und Schotter – beantwortet werden. Der Tausch von Schwellen ist hingegen teuer, jedoch durch den Einsatz von Betonschwellen und deren hoher erwartbarer Nutzungsdauer (rund 50 Jahre) auch kaum notwendig. Damit ist unter den österreichischen Rand-

bedingungen der Schotter die limitierende Einzelkomponente im Gesamtsystem Gleis. Das bedeutet, dass bei der Materialwahl darauf geachtet werden muss, dass das beste verfügbare Material (Gesteinsqualität) in der optimalen Zusammensetzung (Sieblinie) eingesetzt wird. Außerdem wurde in den letzten Jahrzehnten intensiv nach Möglichkeiten gesucht, die Belastung des Schotterbett zu reduzieren. Neben innovativen Schwellenformen (Breitschwelle, Rahmschwelle), deren Ziel es ist, durch eine größere Kontaktfläche die Kräfte gleichmäßiger und als reduzierte Flächenlast in das Schotterbett einzubringen, ist die Entwicklung elastischer Schwellensohlen ein Hauptfokus dieser Bemühungen.



Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Stefan Marschnig
 Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft, Technische Universität Graz
 stefan.marschnig@tugraz.at



Armin Berghold
 Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft, Technische Universität Graz
 armin.berghold@tugraz.at

Die Schwellenbesohlung, die in der nun ausgereiften Produktion als integrierter Arbeitsschritt der Schwellenherstellung in den

Gleislagequalität

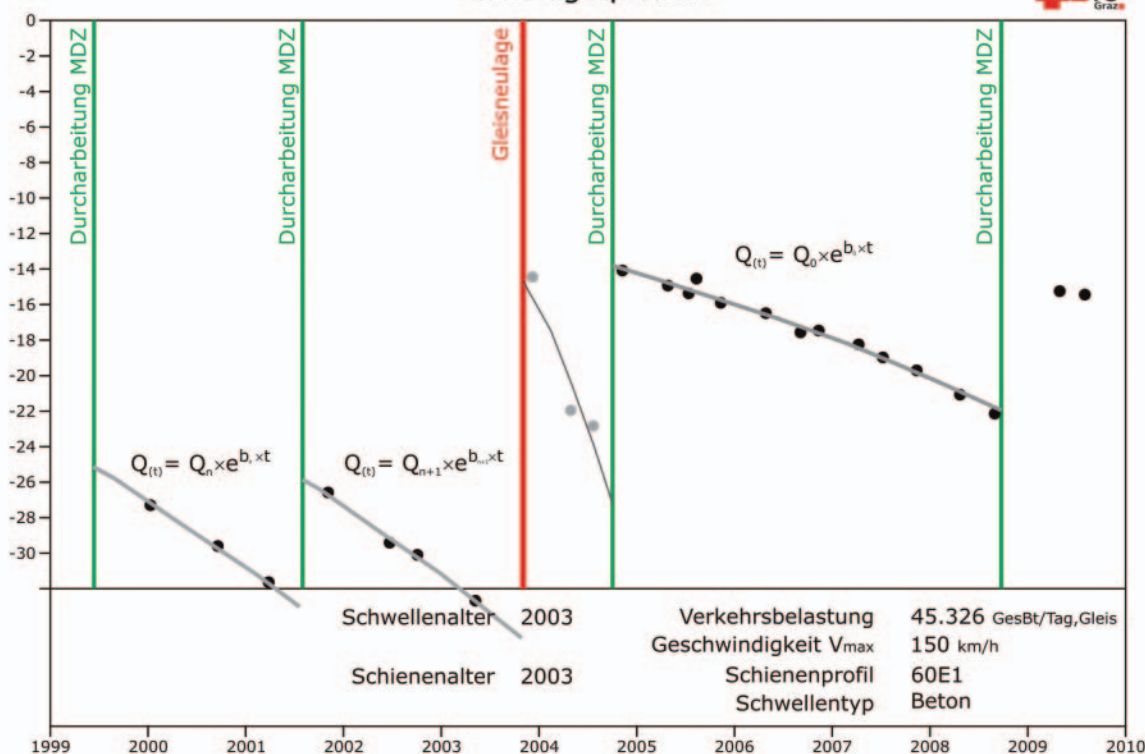


BILD 1:
 Gleislagequalität
 (Quelle aller Bilder:
 Autoren)

DB International: Mobilitäts- und Transportlösungen weltweit



Maximilian Lautenschläger

Planung und Bauüberwachung für Schienenverkehrsprojekte

Das Know-how der Deutschen Bahn ist weltweit anerkannt. Internationale Kunden nutzen unsere Erfahrung für ihre Verkehrsprojekte – von der Idee bis zur Umsetzung. Für mehr Mobilität und reibungslosen Transport. Unser Ziel ist es, jedem Kunden alle Leistungen aus einer Hand zu liefern.

Unsere internationalen Projekte bieten interessante Einstiegs- und Karrierechancen. Zur Verstärkung unserer Teams rund um den Globus suchen wir ständig motivierte Nachwuchskräfte und ausgewiesene Experten.

Mehr Informationen unter:
www.db-international.de



Frischbeton eingearbeitet wird, ermöglicht es, dass sich Schottersteine in die elastische Schicht eindrücken und so die Kontaktfläche Schwellen/Schotter vergrößern. Die Kontaktfläche kann damit von 5–10 % bei konventionellen Betonschwellen auf rund 30 % vergrößert werden. Testabschnitte haben gezeigt [1] [2], dass diese Erhöhung der Kontaktfläche eine dauerhaftere, stabilere Gleislage nach sich zieht und damit weniger Instandhaltung und längere Gleisnutzungsdauern erhoffen lässt.

Im Jahr 2008 beauftragten die ÖBB Infrastruktur AG und der österreichische Schwellensolehersteller Getzner Werkstoffe GmbH das Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der Technischen Universität Graz damit, im Rahmen des Projekts WINS (Wirtschaftlicher Nutzen von Schwellenbesohlungen) netzweit, bei den seit 2001 bereits eingebauten besohlenen Betonschwellen das Gleislageverhalten auszuwerten, mit jenem der konventionellen Bauweise zu vergleichen und gegebenenfalls nachweisbare Verbesserungen auch wirtschaftlich zu bewerten.

1. BESCHREIBUNG DER GLEISLAGEQUALITÄT

Anders als bei Testabschnitten, bei denen oft verschiedenste Aspekte betrachtet und daten- bzw. messteilig verfolgt werden, ist die Beschreibung der Gleisqualität verschiedener Abschnitte im Netz unter Normalbetrieb an sich schon keine triviale Aufgabenstellung. Scheinbar offensichtliche Zusammenhänge können nur quantifiziert werden, wenn die entsprechenden, beschreibenden Daten einerseits und eine Auswertemethodik andererseits existieren: Alte Gleise zeigen im Vergleich zu jüngeren geringere Qualitäten, hoch belastete im Vergleich zu wenig belasteten ebenso. Guter Unterbau ermöglicht höhere Qualitäten, ebenso qualitativ höherwertige Komponenten. Das Institut für Eisenbahnwesen und Verkehrswirtschaft der TU Graz forscht seit über 10 Jahren zum Thema Gleislagequalität und deren zeitliche Entwicklung.

Mittlerweile existiert eine umfangreiche Datenbank, die Informationen von Messwagenfahrten über verbaute Komponenten bis hin zu ausgeführten Instandsetzungsarbeiten enthält [3]. Randbedingungen, die das Gleisverhalten beeinflussen, wie etwa Verkehrsbelastung, Oberbauform oder die Trassierung, um nur einige zu nennen, werden Parameter genannt. Zwischen zwei Maschineneinsätzen, zumeist Gleisdurcharbeitungen, kann die Gleislagequalität mittels einer Regressionsfunktion der vorhandenen Messpunkte abgebildet werden.

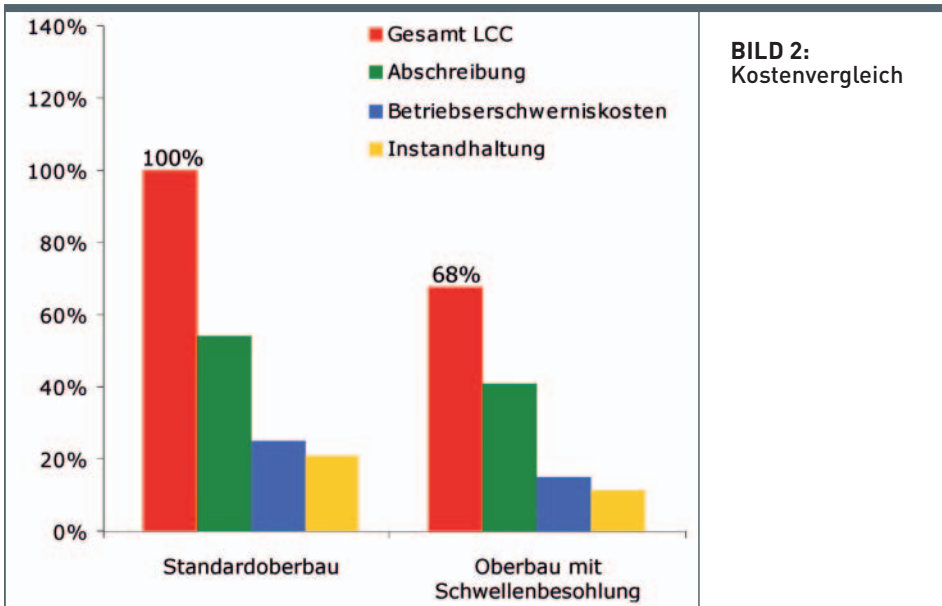
Zur mathematischen Beschreibung eignet sich eine e-Funktion als Regressionskurve,

die die Qualität in Abhängigkeit der Zeit abbildet. Die Exponentialfunktion lautet $Q(t) = Q_n \times e^{b_n \times t}$, wobei Q_n für das Qualitätsniveau nach der Gleisarbeit, b_n für die zugeordnete Verschlechterungsrate und t für die verstrichene Zeit stehen. Der Index n steht für den betrachteten, so genannten Verschlechterungsast. Allein aus der mathematischen Abbildung lässt sich der enorme Einfluss der Ausführungsqualität ableiten. Ein Gleis mit einer hohen Ausgangsqualität zum Zeitpunkt der Neulage (Q_0) verfügt über eine hohe ‚Qualitätsreserve‘, die über die Nutzungsdauer verteilt aufgebraucht zu einer langen Nutzungsdauer führt. Momentaner Schwerpunkt der Forschung ist die mathematische Beschreibung des Zusammenhangs zwischen der Qualitätsverbesserung durch einen Stopfeinsatz ($Q_{rel} = Q_n / Q_{n+1}$) und der Entwicklung der zugeordneten Verschlechterungsrate ($b_{rel} = b_n / b_{n+1}$), um statistisch abgesicherte Eingangsdaten in weiterführende Prognosemodelle implementieren zu können (Bild 1).

2. ERGEBNISSE DER GLEIS- QUALITÄTSANALYSEN IM RAHMEN DES PROJEKTS WINS

Auf Basis parameterscharfer Betrachtungen können unterschiedliche Tendenzen in der Entwicklung der Gleislagequalität den verschiedenen Parameterausprägungen (z. B. unterschiedlichen Verkehrsbelastungen) zugeordnet werden. In solchen Vergleichen ist jedoch darauf zu achten, dass die betrachteten Abschnitte, auch was die Instandsetzung betrifft, annähernd gleich behandelt wurden bzw. sich im gleichen Verschlechterungsast befinden. Weiters ist es notwendig, dass eventuelle Einflüsse durch Störstellen im Gleis (Weichen, Eisenbahnkreuzungen, Brücken, etc.) herausgefiltert werden, was durch eine Definition gültiger Längen [3] sichergestellt wird.

Für die Auswertungen im Rahmen des Projekts WINS wurde ausschließlich das Gleislageverhalten im ersten Verschlechterungsast untersucht, da ab 2001 reinvestierte Gleise mit besohlenen Schwellen in der Regel nicht innerhalb der ersten vier bis fünf Jahre (abhängig von der Gleisbelastung) gestopft werden müssen und damit für eine eventuelle Betrachtung des zweiten Verschlechterungsastes bis zum Zeitpunkt 01.01.2009 zu wenige Daten existierten. Es ist weiters anzumerken, dass der erste Verschlechterungsast in jenen Abschnitten, auf denen eine Schlussstopfung (Stabilisierungsstopfung, vierter Stopfgang) bis eineinhalb Jahre nach der Neulage ausgeführt wurde, der Ast zwischen Stabilisierungsstopfung und erster Erhaltungsstopfung ist. Die Auswertungen wurden auf Basis folgender Parameterausprägungen erstellt: drei Verkehrsbelastungsklassen (> 70 000, >>



45 000–70 000 und 30 000–45 000 Gesamtbruttotonnen je Tag und Gleis) für drei Radienklassen ($R > 600$ m, 400 m $< R \leq 600$ m und 250 m $< R \leq 400$ m) für jeweils das Referenzgleis (Betonenschwellengleis mit Schienen des Profils 60E1) und das innovative Gleis mit besohlenen Betonschwellen und ebenfalls schwerem Schienenprofil.

Die netzweiten Ergebnisse für gerade Gleisabschnitte mit unterschiedlichen Verkehrsbelastungen bestätigen in eindrucksvoller Weise die vielversprechenden Auswertungen der Testabschnitte: Die Anfangsqualität Q_0 kann durch den Einsatz besohlter Schwellen belastungsabhängig zwischen 20 und 25 % verbessert, die Verschlechterungsrate b sogar bis auf ein Drittel reduziert werden. Durch die erhöhte Kontaktfläche und die damit reduzierten Spannungen werden die Anfangssetzungen deutlich reduziert, womit auch die Unterschiede zwischen den Setzungen der einzelnen Schwellen erheblich kleiner werden. Genau diese Unterschiede werden durch die Gleislagequalität Q , sei es in Standardabweichung oder in MDZ-Ziffer, beschrieben. Die Anfangsfehler wiederum führen zu jenen dynamischen Kräften, die die Verschlechterungsrate b definieren, womit kleine Anfangsdeltas auch zu niedrigen b -Raten führen müssen.

Für die Abschnitte in Bögen zeigen sich ähnliche Trends, durch die geringe Anzahl an auswertbaren Querschnitten können jedoch keine statistisch signifikanten Faktoren angegeben werden.

3. INSTANDHALTUNGSARMES GLEIS – VERFÜGBARES GLEIS – NACHHALTIGES GLEIS

Die Auswertungen zeigen für Gleise mit besohlenen Betonschwellen drastisch reduzierte Verschlechterungsraten und höhere Anfangsqualitäten. Die Verschlechterungsrate

b ist indirekt proportional zum Stopfzyklus, die bereits angeführten Größenordnungen der Reduktion der Qualitätsverschlechterung führen zu einer Verdoppelung bis Verdreifachung des Stopfintervalls und damit zu enormen Einsparungen im Instandsetzungsbudget. Bei Gleisen in Bögen kann des Weiteren von gestreckten Schleifzyklen ausgegangen werden, da es durch die Erhöhung der Elastizität des Gleises zu einer reduzierten Schlupfwellenbildung kommt.

Aus dem bereits bekannten Zusammenhang zwischen Stopfzyklus und Nutzungsdauer und aufgrund der deutlich höheren Ausgangsqualität kann mit einer erheblichen Verlängerung der Gleisliegedauer (plus 35 %) gerechnet werden. Die geringen Mehrkosten für die Schwellenbesohlungen (19 €/Schwelle) im Vergleich zu den Gesamtkosten einer Gleisneulage führen durch die verlängerte Nutzungsdauer auch zu einer Reduktion der Abschreibung und damit zu weiteren Einsparungen. Bei den ÖBB werden im Zuge der LCC-Strategien auch die betrieblichen Folgekosten durch eingeschränkte Verfügbarkeit bei Instandsetzungs- und Re-Investitionsarbeiten, die Betriebserschwerungskosten, mit betrachtet. Auch diese Kostenposition sinkt naturgemäß durch weniger Instandsetzung in einem längeren Betrachtungszeitraum. Ohne Kapitalbindungskosten (kalkulatorischer Zinssatz 0 %) können die Lebenszykluskosten damit bei hochbelasteten Gleisen (> 70 000 GesBt/Tag und Gleis) um rund 30 % gesenkt werden. Die Betrachtung der internen Zinssätze für verschiedene Verkehrsbelastungen zeigt, dass sich der Einsatz von Schwellenbesohlungen für alle Hauptstrecken der ÖBB (bis zu Gleisbelastungen von rund 10 000 GesBt/Tag und Gleis) rechnet (Bild 2).

Steigende Zugzahlen und höhere Geschwindigkeiten im Personenverkehr führen zu höherem Kapazitätsverbrauch. Komponenten, die geringere Nicht-Verfügbarkeiten

der Gleisanlagen bedingen, gehören damit genau zu jenen Schritten, die die Infrastrukturbetreiber auf dem Weg zu nachhaltigen Infrastrukturanlagen setzen müssen.

4. INVESTITIONSSTRATEGIE DER ÖBB INFRASTRUKTUR AG

Die ÖBB Infrastruktur AG hat in ihrer Investitionsstrategie [4] besohlte Betonschwellen bereits als Standardkomponenten für hoch belastete Gleise definiert. Bei Gleisbelastungen von mehr als 30 000 täglichen Gesamtbruttotonnen, bei Bogengleisen mit Radien unter 600 m und bei Gleisen mit Maximalgeschwindigkeiten von mehr als 160 km/h werden in Österreich Schwellenbesohlungen bereits eingesetzt.

Durch sinkende Anschaffungskosten aufgrund höherer Abnahmemengen werden sich die wirtschaftlichen Kenngrößen weiter verbessern. Schwellenbesohlungen können daher abgesehen von Spezialfällen, in denen höhere Gleiselastizitäten gefordert werden (beispielsweise erschütterungsempfindliche Abschnitte), oder Übergangskonstruktionen (Tunnel – freie Strecke, Brücke – Damm), bei denen besohlte Schwellen den Steifigkeitsunterschied reduzieren helfen, als generelle Maßnahme zur Reduktion des Qualitätsverfalls von Schottergleisen empfohlen werden. ←

Literatur

- [1] Schilder, R.; Auer, F.: Technische und wirtschaftliche Aspekte zum Thema Schwellenbesohlung – Teil 1: Langzeiterfahrungen im Netz der ÖBB, zevrail, Berlin, 2009.
- [2] Veit, P.; Marschnig, St.: Technische und wirtschaftliche Aspekte zum Thema Schwellenbesohlung – Teil 2: Wirtschaftlichkeit im Netz der ÖBB, zevRail, Berlin, 2009.
- [3] Holzfeind, J.; Hummitzsch, R.: Qualitätsverhalten von Gleisen, zevrail, Berlin, 2008.
- [4] ÖBB Infrastruktur AG: B 50 – Teil 1 Oberbauformen, Wien, 2009.

SUMMARY

Sleepers fitted with soles now in use throughout the network

In a cyclical strategy of capital outlay and maintenance, the track is replaced in its entirety on reaching the end of its useful service life. The timing of this replacement is determined by a combination of the service lives of the individual components and the costs likely to be incurred.