

Die Stahlschwelle auf neuen Wegen – eine Betrachtung der Umwelt-, Kreislauf- und Resilienzanforderungen

Regierungen und Bahninfrastrukturbetreiber wollen weltweit Resilienz und Kreislaufwirtschaft fördern, CO₂-Reduktionspotenziale heben und die Wirtschaftlichkeit des spurgeführten Verkehrs weiter verbessern. Der Druck, Lösungen zur Verbesserung der Umwelt-, Kreislauf- und Resilienzanforderungen zu entwickeln, ist daher enorm. Das Umsetzen von Nachhaltigkeitsinnovationen im Bahnbau scheitert oftmals an Beschaffungsstrukturen und -regeln. Dennoch will die Deutsche Bahn zum Leitmarkt der Dekarbonisierung werden.¹⁾ Bis 2029 sollen sich die Lieferanten, die 66 % der Scope 3.1 und 3.2 Emissionen des DB-Konzerns ausmachen, zu wissenschaftsbasierten Klimaschutzziele verpflichten (sog. Supplier Engagement Target – SET)²⁾. Eine Möglichkeit, diese Bemühungen von Lieferantenseite zu unterstützen, können im E-Stahlproduktionsverfahren hergestellte Stahlschwellen sein und hierdurch Teil des Rückgrats eines dekarbonisierten Bhnobnerbaues und einer Resilienz Strategie werden.



Die Stahltragschwelle ist eine seit den 1920er Jahren weltweit erfolgreich eingesetzte Querschwellenkonstruktion, in unterschiedlichsten Varianten für

1) FAIRconomics, Grüner Stahl für die Schiene: Wie die Deutsche Bahn zum Leitmarkt der Dekarbonisierung werden soll, 05.11.2025 und Drucksache 21/3018, 02.12.2025 Kleine Anfrage der Bundestagsfraktion Bündnis 90/Die Grünen.

2) BVMB, Klimaschutzanforderungen der Deutschen Bahn: Update Supplier Engagement Target (SET) - Online-Informationsveranstaltung; E-Mail 07.05.2026.

verschiedenste Einsatzzwecke, bisher jedoch stets nach dem Trogswellenprinzip. In Deutschland werden sie in der Ausführung DB St82 gefertigt und in der Regel in Längen von 2,4 m bzw. 2,6 m in Stahlgüte S275 JR eingesetzt, in anderen Längen auch als Brücken- und Weichenschwellen.

Alternativ zur Stahltragschwelle gibt es nun eine Stahlvollblockschwelle, DURSLEEPER, seit August 2025 zur Betriebserprobung durch das Eisenbahn-Bundesamt



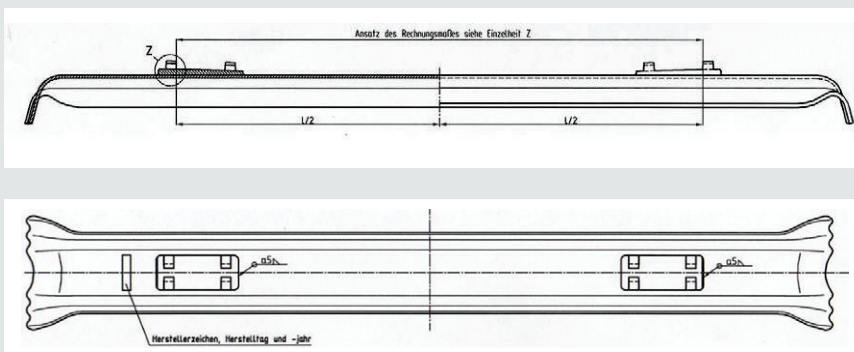
Dr. Rolf Wendler

35 Jahre leitend in Stahlwerk Thüringen GmbH tätig, insbes. zuständig für Weiterentwicklung und Verkauf von Stahl Gleisoberbauprodukten, heute selbständig beratend tätig
info@rolf-wendler.com



Jörg Frenzel

Geschäftsführer HYPERION Verwaltung GmbH
j.frenzel@hyperion-ip.eu



1: Zeichnung Stahltragschwelle DB St82

zugelassen.³⁾ Die DURSLEEPER wird werksseitig zentral oder regional dezentral maschinell mit einem Schotter-Polyurethan-Compound Inlay versehen und wandelt so die konventionelle Stahltragschwelle in

3) Mit Schreiben vom 08.08.2025 – 215.2-215izoz/006-2101#002-(545/25-ZzB) - wurde der Firma HYPERION Verwaltung GmbH, Rohstorf 7, 21397 Vastorf die Zulassung zur Betriebserprobung für die DURSLEEPER Stahlschwellen mit Finnen und Schotter-Compound Inlay, erteilt.

eine innovative Stahlvollblockschwelle mit verbesserten Eigenschaften.

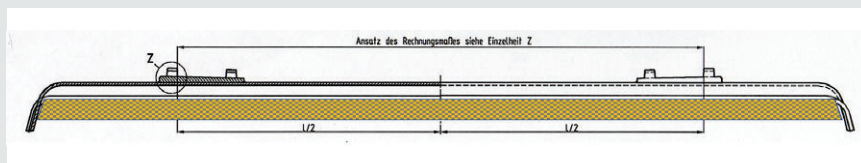
Der Trog der Stahlschwelle wird hierbei mit Gleisschotter gefüllt, dieser dann verdichtet und danach werden die Lücken zwischen den Schottersteinen dauerhaft lagestabil mit DURFOAM, einem speziellen, seit 2007 erfolgreich eingesetztem Polyurethan ausgeschäumt. Die Schottersteine werden durch DURFOAM im Trog als Schotter-Compound fixiert. Dieses Prinzip und der Werkstoff ist schon von den ebenfalls EBA-zugelassenen DURFLEX und FLEXDUR⁴⁾ Anwendungen bekannt. Es verbindet den Schotter untereinander dauerhaft und elastisch. Da die Stahltrog-schwelle als Grundlage des DURSLEEPERS bereits in ihrer ursprünglichen Form eine Reihe positiver Eigenschaften gegenüber Alternativschwelen aus Beton oder Kunststoff aufweist, werden zuerst diese Vorteile zusammengefasst.

1. Eigenschaften von Stahlschwellen

Langlebigkeit: Stahlschwellen haben eine sehr lange Lebensdauer, in der Regel > 50 Jahre bis zu 100 Jahre.⁵⁾ 2025 lagen in der deutschen Eisenbahninfrastruktur Stahlschwellen aus den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts, selbst in hoch gewichtsbelasteten Anschlussgleisen im sicheren Regelbetrieb.

Installations- und Wartungsfreundlichkeit: Stahlschwellen erreichen durch ihre lange Liegedauern eine hohe systemische Wirtschaftlichkeit. Der Wartungsaufwand ist gering, wie u. a. Veröffentlichungen aus der Schweiz, USA und Großbritannien zeigen. Sie sind resistent gegen Insektenbefall und werden regelmäßig auch in feuchtem Klima eingesetzt. Die im Walzprozess an der Oberfläche entstehende „Rostpatina“ stellt einen idealen Rostschutz dar, ein Sandstrahlen dieser Flächen ist daher nicht nötig. Lediglich im Bereich der Rippenplatten sollte die Oberfläche vor dem Schweißen beschliffen werden. Durch Verwenden wetterfester, optimierter Stähle lässt sich die Lebensdauer weiter erhöhen.

Re-Use: Nach entsprechender Begutachtung und eventueller Aufbereitung geeigneter Altschwellen können diese wieder für einen zweiten Lebenszyklus eingebaut werden. Darüber hinaus können altbrauch-



2: DURSLEEPER Stahlvollblockschwelle (Draufsicht und auf Untersicht), Jörg Frenzel, 2024
Querschnittsskizze, Huntsman, 2024



3: Bilder des Anschlussgleises, das obere zeigt den Gleisabschnitt, das untere die Schwelle mit der Jahresangabe

4) HYPERION Verwaltung GmbH, www.hyperion-ip.eu

5) Dr.-Ing. Lasse Hansen, TU Berlin, Dauerhaftigkeit von Schwellen, Punktforum „Bahnschwellen“, 07.07.2026.

Übersicht realer Formstahl- und Schrottpreise in Mitteleuropa 2001 bis 2022

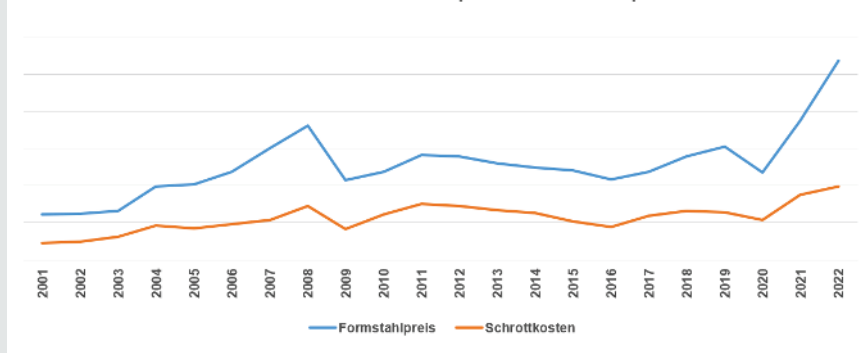


Tabelle 1: Nach R. Wendler aus Abschlussbericht zum Arbeitssymposium mit Schweizer Infrastruktur Bauunternehmen und Bahnen im Stahlwerk Thüringen Unterwellenborn 6/2024

bare Schwellen nach einer technischen Auf-/Umarbeitung auch in Gleisen mit geringerer Belastung bzw. mit schmalerer Spurweite erneut zum Einsatz kommen und haben somit eine zweite Nutzungszeit.

Recyclbarkeit: Im Gegensatz zu Beton- und Holzschwellen sind Stahlschwellen am Ende ihrer Lebensdauer vollständig recycelbar. Der Altschwellenschrott wird chargierfähig aufbereitet, im Elektrostahlwerk eingeschmolzen, zu Vormaterial gegossen und direkt wieder zu neuen Stahltragschwellen bzw. anderen Stahlprodukten gewalzt. Dieser Prozess ist beliebig oft wiederholbar.

Stahlschwellen erfüllen damit die Anforderungen zukunftsgerichteter Produkte und entsprechen den Zielen der Deutschen Bahn (SET) und unterstützen das Kreislaufwirtschaftsprogramm der Bundesregierung, mit dem das Recycling weiter gestärkt und die Abhängigkeit von Rohstoffimporten reduziert werden soll. Stahl lässt sich so vorteilhaft als Grundstoff für neue Materialien einsetzen.

1.1. Bauartbedingte Vorteile von Stahlschwellen

Ein wesentlicher Vorteil ist die geringe Bauhöhe und der daraus resultierende reduzierte Schotterbedarf. Aufgrund des hohen Querverschiebewiderstands kann die Breite der Vorkopfschotterung reduziert werden, ohne den Referenzquerverschiebewiderstand zu unterschreiten. In Kombination mit der niedrigen Bauhöhe reduziert sich dann der Gesamtschotterbedarf im Streckenneubau um ca. 1/3 im Vergleich zur Betonschwelle, der Logistikaufwand wird geringer, Schotterrohstoffvorräte werden geschont. Die notwendige Grund- und Planumsfläche ist ebenfalls kleiner, ermöglicht weitere Kosteneinsparungen (Schottermengenreduktion, kürzere Bauzeit, weniger Flächenbedarf) und ein vereinfachtes Bauen von Randwegen in beengten Bereichen bzw. eine leichtere Adaption an örtliche Begebenheiten (Gleislagen mit begrenzter Bauhöhe, z. B. Tunnel, Überwege und Unterführungen, Oberleitungsanlagen). Dieses gilt auch bei der Revitalisierung stillgelegter Strecken.

Die Längen der Stahlschwellen sind sehr einfach an den Bedarf anzupassen.

1.2. Restwert und Aufbereitungsaufwand

Stahlschrott aus Altstahlschwellen hat zum Anfall-Zeitpunkt einen Geldwert, der etwa 33 % der Kosten für die Anschaffung einer gleichartigen Neustahlschwelle entspricht und dies fast konstant, auch über lange Zeiträume betrachtet wie Tabelle 1 zeigt.

Bei alternativen Schwellenmaterialien fallen oftmals Zusatzkosten für Entsorgung und die Entsorgungsdokumentation an. Die Nachhaltigkeits- und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Stahltragschwelle beruht somit auf der CO₂-Bilanz der Herstellung, der Ressourceneffizienz im Bauprozess und dem Re-Use und der Kreislauffähigkeit am Lebensende.

1.3. CO₂-Bilanz und Kreislaufwirtschaft

Stahlschrott ist vollständig und unbegrenzt einschmelz- und recycelbar. Zudem sind Stahlschwellen seit 2022 als Green Steel Variante mit einer auf 335 kg reduzierten CO₂-Emission pro 1000 kg Stahl herstellbar. Mit ausreichender Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff wird sich die CO₂-Bilanz von Stahl weiter verbessern – durch direkte CO₂-Reduktion und unter Verzicht des Verpressens von CO₂ in (Untertage-) Deponien/Speichern bzw. den Zukauf (nicht immer eindeutig rückverfolgbarer) negativer CO₂-Zertifikate.

Durch kontinuierliche Optimierung konnten seit 2026 die CO₂-Emissionen im Stahlwerk Thüringen um weitere 9 %, auf nun 305 kg CO₂ pro 1000 kg Stahlschwellenprofil reduziert werden.

Zu berücksichtigen ist, dass die CO₂-Bilanz von Eisenbahnschwellen in Deutschland produktionsspezifisch betrachtet wer-

CO₂ Bilanz eines DURSLEEPER Körpers DB ST82 in 2,4 bzw. 2,6 m und Schmalspur 1,8 m (Materialbetrachtung)

Bestandteil der Standard Stahlschwellenkörpers	verwendetes Material	kg CO ₂ pro 1000 kg verwendetes Material	CO ₂ e Bilanz pro Schwellenlänge in kg		
			1,8 m	2,4 m	2,6 m
Stahlschwellenprofil SW82/54	SWT Green Steel	335	15,501	20,345	21,960
Rippenplatte PRs8	Stahl S275	1080	7,322	7,322	7,322
CO₂ Bilanz Standard Stahltragschwellenkörper in kg			22,823	27,667	29,282

Tabelle 2: Die CO₂-Bilanz einer Stahltragschwelle DB ST82 und der Schmalspurvariante (Schwellenkörper ohne und mit Schienenbefestigung) (alle CO₂-Angaben nach R. Wendler aus Abschlussbericht zum Arbeitssymposium mit Schweizer Infrastruktur Bauunternehmen und Bahnen im Stahlwerk Thüringen 6/2024 bzw. Update-Berechnungen)

den muss. E-Stahlverfahren sind deutlich CO₂-ärmer als Verfahren der sogenannten integrierten Stahlherstellung. Wichtig ist, CO₂-Standards verbindlich zu definieren, damit die CO₂-Emissionsmengenangaben vergleichbar werden. Der Unterschied in den CO₂-Emissionen zwischen der Stahlproduktion im Hochofen (integrierte Werke) und E-Stahlwerken nimmt momentan eher zu, da die E-Stahlwerke in den letzten Jahren eine hohe Dynamik bei der CO₂-Emissionsreduzierung erreichen konnten. Das ist ein Vorteil des beim DURSLEEPER verwendeten Green Steels⁶⁾ mit seinen reduzierten Emissionen durch die Produktion im E-Stahlverfahren.

1.4. Betrieb und Instandsetzung

Die lange Lebenszeit dieser Oberbaukonstruktion reduziert Sperrpausenbedarfe, dem Fahrbetrieb wird eine bessere Nutzung der Gleise ermöglicht, Effizienz und Fahrkomfort steigen. Profil und gekappte Spatenenden der Stahlschwelle interagieren mit dem Schotterbett; dies ermöglicht eine stabile Gleislage durch guten Querverschiebewiderstand. Auf Brücken bewirkt der flachere Schotteraufbau und das geringe Stahltrogschwelligengewicht ein geringeres Brückeneigengewicht. Befestigungen und Ausrüstungen lassen sich an Stahlschwellen nachträglich, ohne Aufwand im Gleis anschweißen oder verschrauben.

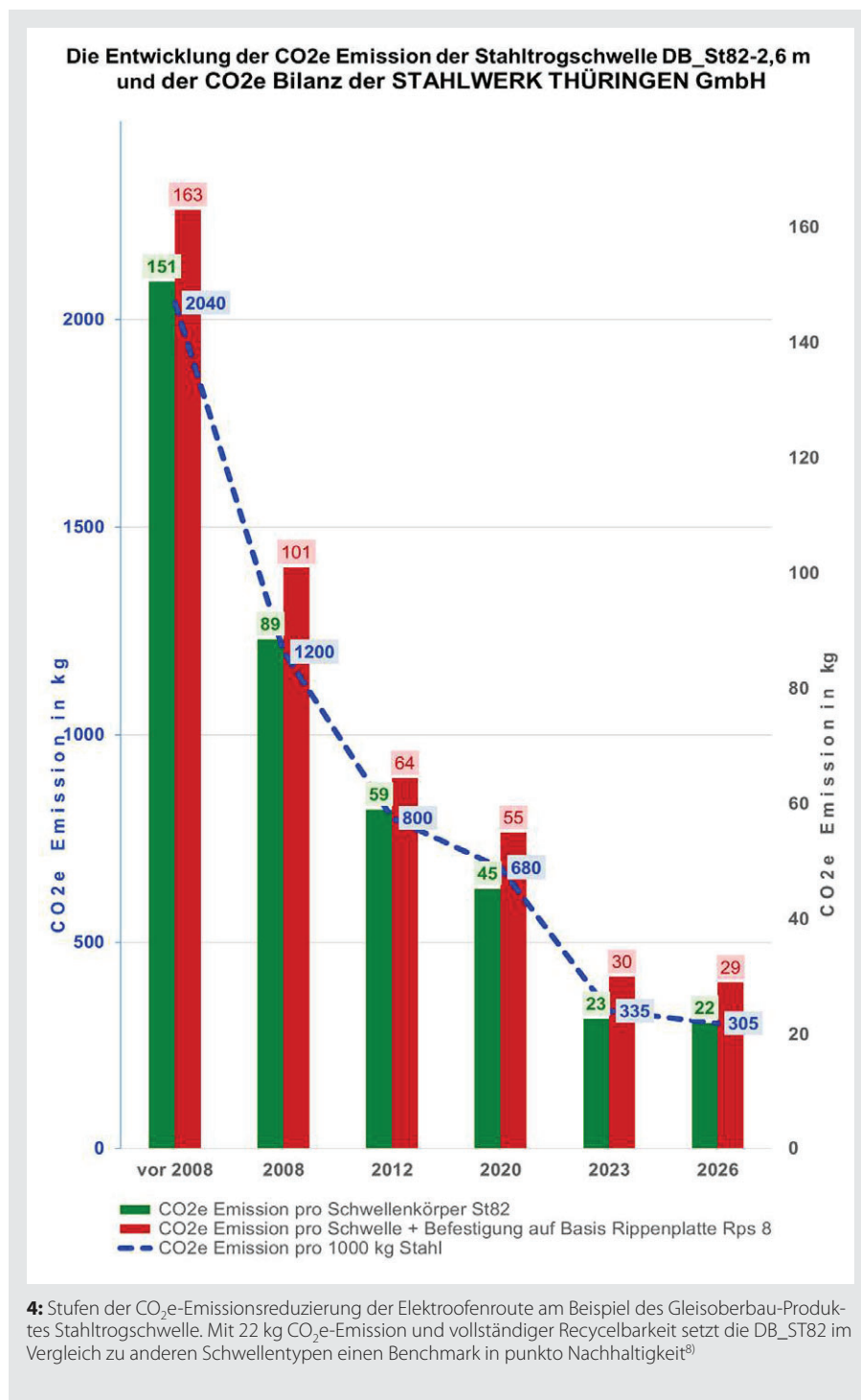
2. Die DURSLEEPER

Die DURSLEEPER Stahlschwelle entsteht durch die innovative Ausbildung der konventionellen Stahltrogschwelle zu einer Stahlvollblockschwelle und vereint so die bekannten Vorteile der Stahltrogschwelle mit neuen der DURSLEEPER. Die Stopfbarkeit, Geräusentwicklung und der Querverschiebewiderstand der konventionellen Stahltrogschwelle werden bei der DURSLEEPER Stahlvollblockschwelle weiter optimiert.

2.1. Systemische Lebensdauererhöhung

Das PU-Schotter-Compound Inlay sichert die qualitäts- und anforderungsgerechte gleichmäßige Füllung des Schwellentrog und verhindert somit Hohlräume, welche bei einem unzureichenden Stopfprozess konventioneller Stahltrogschwellen ansonsten entstehen können, insbesondere

6) Stahlwerk Thüringen, Green Steel®



an den Schwellenenden. Entgegen des Bonmots⁷⁾ „Die Schwelle sitzt im Schotterbett wie der Fakir auf dem Nagelbett“ Prof. Riessbergers liegt die DURSLEEPER durch das PU-Schotter-Compound Inlay wohl eingebettet im Schotter und „nicht darauf“. Die Patina und der Gleisschotter wird so ge-

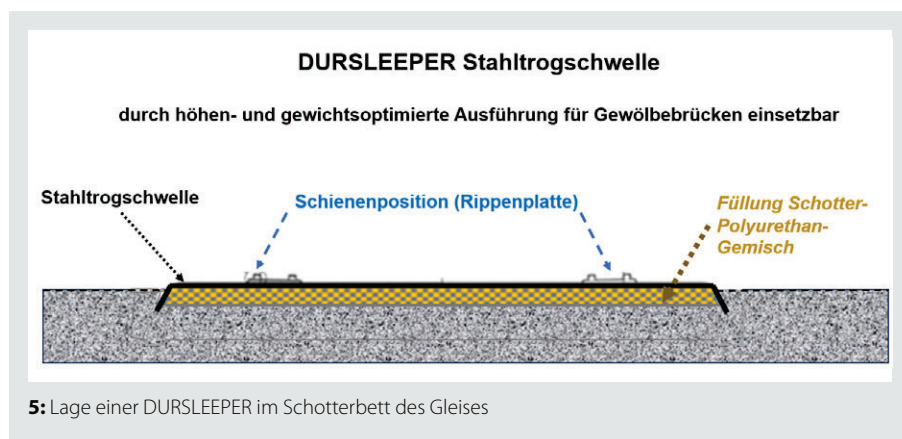
7) Zitat Prof. Klaus Riessberger, Emeritus der TU Graz gem. Dr. Walter Stahl, Akademischer Direktor TU-M Verkehrswegbau, 07.07.2026, Punktforum „Bahnschwellen“.

schützt und erhöht die Nutzungsdauer von Schwelle und Gleisschotter weiter.

2.2. Verwenden von Sekundärrohstoffen

Anstelle des regelmäßig eingesetzten Gleisschotters kann STEELAVIT^{4ail} teilweise oder vollständig verwendet werden – bei mindestens vergleichbaren Eigenschaften

8) aus Kundeninformationsbroschüre Stahlwerk Thüringen, www.stahlwerk-thueringen.de



wie Hartgesteine. Es handelt sich hierbei um einen hochwertigen, nachhaltigen mineralischen Sekundärbaustoff aus reiner, aufbereiteter E-Ofenschlacke. Durch den Stahlschwellentrog abgedeckt, kann dieser nun erstmalig im Gleisbereich eingesetzt werden. Das Gewicht des DURSLEEPERS ist durch diesen innovativen Ansatz variabel zwischen 140 kg und > 250 kg skalierbar, ohne die Grundform der Standardstahltragschwelle bzw. des Befestigungssystems zu verändern.⁹⁾ Der DURSLEEPER Stahltragschwellenkörper bleibt in der ä-

9) Materialdatenblatt STEELAVIT 4rail www.stahlwerk-thueringen.de/unternehmen/verantwortung/umwelt-und-nachhaltigkeit/ (Absatz Kreislaufwirtschaft).

ßeren Form stets gleich. Alle international verfügbaren Stahltragschwellen können verwendet werden, auch altbrauchbare.

2.3. Verbesserte Stopfbarkeit

Die Gleisstopfung im maschinellen Arbeitsgang wird bei der DURSLEEPER durch den Vollblock gegenüber der Trogschwelle vereinfacht und beschleunigt. Es werden nur 2 anstelle 3 Stopfgänge benötigt. Gleichzeitig ist die Stopfqualität durch das Schotter-PUR-Compound Inlay dauerhaft und gleichbleibend ab Werk. Eventuell während des Hebens und Richtens beim Stopfen auftretende Hohlräume im Trog unter der konventionellen Stahltrags-

schwelle werden so beim DURSLEEPER von vornherein vermieden. Es ist möglich, die vollständige richtlinienkonforme Verfüllung, Schwelle für Schwelle, seriell im Werk umzusetzen und hierdurch die Langlebigkeit und Qualität der Gleislage zu optimieren, auch bei Handstopfungen wie Praxistests zeigten.

2.4. Qualität der Schotter-Einbettung, Verringerung der Geräusentwicklung

Das PU Compound befindet sich im Trog und bildet dauerhaft eine Einheit mit dem Schotterkörper. Es bewirkt zum einen eine neue Qualität der Einbettung durch Verzahnung mit dem Schotterkörper und eine schlag-/druckdämpfende Wirkung auf den Schotterkörper. Dieser Effekt ist vergleichbar mit der bekannten Schwellenbesohlung und wirkt schotterschonend. Somit ist die Bauart DURSLEEPER auch die erste besohlte Stahlschwelle. Der Schwingungsübergang von der Stahlschwelle zum Schotterbett wird hierdurch stark reduziert. Die Schallabstrahlung an der DURSLEEPER Schwelle verringert sich in den bisherigen Einsätzen hörbar und deutlich. Durch das beschleunigte Stopfen werden auch die Arbeitsemissionen reduziert. So kann sowohl die Dauerhaftigkeit der Schwelle als auch deren Elastizität entsprechend der Anforderungen optimiert werden.

CO2 Bilanz eines DURSLEEPER Körpers DB ST82 in 2,4 bzw. 2,6 m und Schmalspur 1,8 m (Materialbetrachtung)

Bestandteil der Standard Stahlschwellenkörper	verwendetes Material	kg CO2 pro 1000 kg verwendetes Material	CO2e Bilanz pro Schwellenlänge in kg		
			1,8 m	2,4 m	2,6 m
Stahlschwellenprofil SW82/54	SWT Green Steel	335	15,501	20,345	21,960
Rippenplatte PRs8	Stahl S275	1080	7,322	7,322	7,322
CO2 Bilanz Standard Stahltragschwellenkörper in kg			22,823	27,667	29,282
		kg CO2 pro 1000 kg verwendetes Material			
Gleisschotter		4	0,220	0,294	0,318
Polyurethanschaum		2200	5,379	7,172	7,770
DURSLEEPERFÜLLUNG			5,599	7,466	8,088
CO2 Bilanz DURSLEEPER-Körpers in kg			28,422	35,133	37,370
CO2 Bilanz der Schienenbefestigung (DB St82) in kg			9,394	9,394	9,394
CO2 Bilanz des DURSLEEPERS DB St82 + Schienenbefestigung in kg			37,816	44,527	46,764

Tabelle 3: CO₂-Bilanzen von DURSLEEPER Schwellen mit und ohne Schienenbefestigungen alle CO₂-Angaben nach R. Wendler aus Abschlussbericht zum Arbeitssymposium mit Schweizer Infrastruktur Bauunternehmen und Bahnen im Stahlwerk Thüringen 6/2024 bzw. Update-Berechnungen). Zur weiteren Optimierung der CO₂-Bilanz wird die Verwendung von Green Steel auch bei den verwendeten Rippenplatten geprüft

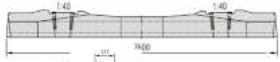
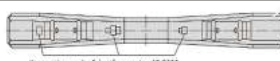
Vergleich Betonschwelle B70_DB und DURSLEEPER auf Basis DB_ST82_SWT		
Bezeichnung	Betonschwelle B70_DB (Deutsche Bahn)	DURSLEEPER, Basis St82 mit Stahltrag - Inlay aus Schotter -Polyurethan- Gemisch
Abbildung Seitenansicht		
Abbildung Vorderansicht		
Abbildung Draufsicht		
Länge	2600 mm (und 2400 mm)	2600 mm (und 2400 mm)
Gewicht in [kg] /in Abhängigkeit vom Füllmaterial	280	140 (Gleisschotter) ; > 250 (Steelavit)
Schwellenabstand / Schwellenanzahl pro km	600 mm / 1667 Stück pro km	600 mm / 1667 Stück pro km
empfohlener Gleisschotter für 1 km Gleis in [t]	3580,5	2194,5
CO2e Emission pro Schwelle in kg		37,37
CO2e Emission pro Schwellenbesohlung in kg		Eigenschaften der Schwellenbesohlung bereits durch das Inlay vorhanden und berücksichtigt
CO2e Emission pro Schwelle mit Besohlung in kg		37,37
CO2e Emission in [t/km/a] pro Schwelle ohne Gleisschotter		2,41
CO2e Emission in [t/km/a] des Gleisschotters	3,20	1,96
Eigenschaften	Betonschwelle B70_DB (German rail)	ST82_DURSLEEPER (Schotter oder Steelavit)
Recyclingfähigkeit Besohlung/ Polyurethanfüllung		100%
Recyclingfähigkeit Schwellenkörper, Kreislaufwirtschaft		100%
Recycling Bürokratie und Dokumentation		gering
Geldwert der Altschwellen nach Ende des Lebenszyklus		Schrottwert entspricht ca.33 % des Stahlpreises für neue Stahlschwellen
Liegezeit in Jahren		>50 bis 100
empfohlener Schotterbedarf in m3 / m	2,17	1,33
Schotterlogistik und CO2 Bilanz		geringere Co2 Bilanz im Zusammenhang mit Schotter Logistik und Produktion
Gewichtsskalierbarkeit der Schwellen		modulare Fertigungstechnologie, Schwellengewicht ist einfach skalierbar ; 70 kg (ohne Füllung), 140 kg (Schotterfüllung), >250 kg (Steelavit Füllung)

Tabelle 4: Vergleich von Beton- zu Stahltrag- bzw. Stahlvollblockschwellen (alle CO₂-Angaben nach R. Wendler aus Abschlussbericht zum Arbeitssymposium mit Schweizer Infrastruktur Bauunternehmen und Bahnen im Stahlwerk Thüringen 6/2024 bzw. Update-Berechnungen)

Anm.: Sämtliche hier genannten CO₂-Bilanzen zu Stahlschwellen beruhen auf Material EPD der Benchmark Stahlhersteller. Basis ist die Environmental Product Declaration (EPD) nach ISO 14025 und EN15804+A2. Eingeschlossen sind: product stage A1, A2 und A3. Für Rippenplatten wurde ein Branchen CO₂-Emissionswert herangezogen. Die CO₂-Bilanz des im Text erwähnten Polyurethanschaumes entspricht den Angaben des Herstellers.

Angaben zur CO₂-Bilanz von Eisenbahnschwellen, die momentan auf Basis anderer Materialien (Beton, Sulfur-Beton, Kunststoff und Kunststoffrezyklaten usw.) veröffentlicht werden,

wurden zum Teil auf anderer Datenbasis berechnet. Um eine bessere Vergleichbarkeit und Bewertung aller Schwellenprodukte zu gewährleisten, ist eine einheitliche EPD-Bewertung der gefertigten verkaufsfähigen Schwelle frei Baustelle (z. B. Lieferbasis 300 km) bzw. bis zur Gleisabnahme anzustreben. Dabei könnte als erster Schritt eine Schwelle vergleichbar einer 2,6 m Schwelle für die Schiene S60 die Basis bilden. Die Differenzierung auf unterschiedliche Längen und Spuren lässt sich dann in der Regel ableiten.

2.5. Erhöhung des Querverschiebewiderstands (QVW)

Stahlwerk Thüringen und HYPERION haben in einem internen Entwicklungsprojekt die TU München mit der Untersuchung des Querverschiebewiderstands der DURSLEEPER im Gleis beauftragt. Durch die Positionierung neuartiger Finnen im optimalen Verdichtungsbereich des Gleisschotters unter der Schwelle (in Längsrichtung zur Schiene) zeigte sich durch die Untersuchung, dass sich der Querverschiebewiderstand noch einmal deutlich gegenüber Schwellen ohne Finnen erhöhte. Es wurden Querverschiebewiderstände von 20,6 [N/mm] Mittelwert des QVW je Schwelle durch die TU-M gemessen. Die im Versuch gemessenen Werte bestätigen und vervollständigen die Ergebnisse einer umfassenden Studie¹⁰⁾, die den Querverschiebewiderstand von Beton-, Holz-, Stahl- und Kunststoffschwellen aktuell vergleicht. Auch in jener Studie übertraf die Stahlschwelle bei allen gemessenen Verschiebungen die Leistungen der Betonschwellenvarianten deutlich und somit auch den von Holz- und Kunststoffschwellen. Die sehr hohen QVW-Werte der Stahltrog- und DURSLEEPER Schwellen sind von entscheidender Bedeutung für die Gewährleistung der Gleisstabilität und Resilienz des Gleises. Diese Eigenschaft ist zentral, um Auswirkungen extremer, wetterbedingter Versagensmechanismen zu mindern. Aufgrund des Klimawandels und auftretender Wetterphänomene sind diese häufiger zu erwarten.

10) Jacob W. Whittle et al; Investigating the effect of railway track ballast and bed conditions on the lateral resistance of timber, concrete, steel, and composite sleepers using a novel test methodology; Engineering Structures Vol. 340, 1 Oct. 2025, 120769.

Das innovative Baukastenprinzip der Finnenvarianten erlaubt es, den Querverschiebewiderstand, entsprechend der geforderte Gleisstabilität, durch Form, Anordnung und Materialausführung der Finnen anzupassen ohne nachträglich zu installierender Schwellenanker, die die maschinelle Instandhaltung beeinflussen.

Anwendungsbezogen wurden in der Untersuchung durch die TU-M unterschiedliche Finnenvarianten (L, U und T-Finnen-Formen), alle in Green Steel Ausführung, untersucht. Die Ausführung von Finnen und Schwellenkörper in einer einheitlichen Stahlgüte ermöglicht die größtmögliche Effizienz bei der Fertigung und sichert niedrige CO₂e-Bilanzen des Schwelle-Finnen-Compound Systems. Betreiber können hierdurch die technische Ausführung an Belastung, Geschwindigkeit, Baugrund und Risikoanforderungen anpassen. Die positiven Effekte, die durch Besohlung der Betonschwelle erreicht werden, sind beim DURSLEEPER durch die PUR Compound Füllung bereits integriert.

3. CO₂-Bilanz und Kreislaufwirtschaft

Stahlschrott ist vollständig und unbegrenzt erneut einschmelz- und recycelbar. Die Altschwellen werden ausgebaut und können direkt an Schrotthändler bzw. an Stahlwerke mit Stahlschwellenbrechern verkauft werden. Somit fallen für die Infrastrukturunternehmen weder Deponie- noch Aufbereitungskosten an. Durch Optimierung des Herstellungsprozesses und des Stahlschrotteinsatzes im Elektrostahlwerk kann ein Altschwellen-Neuschwellen-Kreislauf etabliert werden. Das bedeutet, dass Altstahlschwellen in der Regel 2-mal gebrochen (zerkleinert) im Elektrostahl-

werk direkt dem Materialfluss zugeführt und eingesetzt werden können. Stahlteile der Schienenbefestigung (Rippenplatte, Hakenschrauben, Stahlmutter, Unterlegscheiben und Spannklemmen) müssen hierbei nicht vom Stahlschwellenkörper getrennt werden, sondern lediglich evtl. noch vorhandene Kunststoffzwischenlagen (Zws) sind zu entfernen. Auch andere anfallende schwere Stahlschrotte (Stahlträger, Schienen etc.) können in diesen Materialkreislauf integriert werden. Auf Anfrage der Fachkoordination Nachhaltigkeit der SBB, Schweizerische Bundesbahnen, wurde die Auswirkung eines Altschwellen-Neuschwellen-Kreislaufes auf die CO₂-Emissionen untersucht. Es konnte eine Ausbringersverbesserung und die Reduzierung der CO₂-Emissionen um - 9 % (im konkreten Fall auf 305 kg CO₂e-Emissionen pro 1000 kg Stahltrogswellenprofil) erreicht und gemäß den EPD-Regeln dokumentiert werden. Die beschriebenen Prozesse haben sich in der Zusammenarbeit zwischen Stahlwerk Thüringen und Schweizer Eisenbahn Oberbaulieferanten als praktikabel erwiesen, sind erprobt und etabliert.

Der DURSLEEPER ST82_DUR wird analog der DB InfraGo bekannten Recyclingverfahren für Stahlschwellen und Recycling der Polyurethan-Schotter-Verbünde, PURE_X durchgeführt. Das Verwertungsgebot des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, KrWG wird erfüllt. Es wurde durch Gutachter bestätigt, dass durch das PURE_X Verfahren der PUR-Anteil des beim Recycling von Polyurethan Schottercompound anfallenden Gleisschotters entfernt wird. Damit besteht die Möglichkeit, nicht nur den Gleisschotter zu verwerten, sondern auch den PUR-Schaum grundsätzlich dem Prozess wieder zirkulär zuzuführen. Die PUR Compound

DIGITALE FACHMEDIEN

KOSTENLOS FÜR STUDIERENDE

Unverzichtbar im Studium

In wenigen Schritten zur erstklassigen Fachliteratur:

1. Probeabonnement bestellen
2. Studienbescheinigung vorlegen
3. Sechs Monate vollumfänglich nutzen. Das Abonnement endet automatisch.

Jetzt kostenlos anfordern:

www.eurailpress.de/studi26

Füllung kann im Rahmen eines möglichen Recyclingprozesses leicht wieder entfernt werden. Im Ergebnis erhält man mittels PURE_X drei zirkulär nutzbare Rohstoffe:

- **Stahl** Der Stahlschwellenkörper (St82) ist beliebig oft zu 100 % recycelbar, Ein Up-cycling altbrauchbarer Stahlschwellen ist möglich.
- **Schotter** Korngröße gem. Ril, somit dem Gleisbau oder zum Einsatz in neuen DURSLEEPER wieder zuführbar.
- **Polyurethan** der Produktion neuen Polyurethans wieder zuführbar.

Durch das skalierbar höhere Gewicht der DURSLEEPER erhöht sich sowohl Lagestabilität als auch Niederhaltekraft der Schwelle. Damit werden höhere Fahrtgeschwindigkeiten gegenüber der Standardstahlschwelle möglich. Die vorliegende EBA-Zulassung des DURSLEEPERS (mit Gleisschotterfüllung) zur Betriebserprobung berücksichtigt diesen Fakt bereits für Fahrgeschwindigkeiten bis 160 km/h. Einsatzmöglichkeiten für Strecken mit >160 km/h und engeren Radien als bisher sind vorstellbar und im Feldtest zu verifizieren.

Die verwendete Ausgangsbasis „Stahl-trogschwelle DB_ST82“ kann beim DURSLEEPER durch weitere Stahltragschwellenformen ersetzt werden (Schweiz und Österreich SBB1, TrackNet-Stahlschwellen (TN25, TN22, TN21); Großbritannien Stahlschwellen BS 202/ 300/ 402/ 436/ 600; USA/Canada Stahlschwellen z. B. Profile M8/ M10/ H10/ H12; Brazil UIC28-UIC865; sowie alle sonstigen vergleichbaren Stahltragschwellen). Bei diesen Schwellen kann das PUR Compound Inlay werkseitig oder dezentral nachgerüstet werden. Für Anwendungen, bei denen besonders hohe

Tragkräfte bzw. Achslasten gefragt sind, ist die international verwendete UIC28 besonders geeignet. Sie hat eine Höhe 90 mm (UIC28 ist eine der flachsten Stahltragschwellen bei gleichzeitig hoher Tragkraft), der Deckel ist 5 mm breiter bei identischem Fuß zur ST82, die Schwelle hat ein Metergewicht von 28,46 kg/m und wird in den Deckelstärken 10 bzw. 12 mm gefertigt. Die UIC 28 kommt auch außerhalb des klassischen Bahnoberbaues für gleisgeführte Krananlagen und im Anlagenbau zum Einsatz. Aufgrund der Bauhöhe ist sie ebenfalls zur Verlegung in Unterführungen und Tunneln geeignet. In letzter Zeit erlebt die UIC28 Trogschwelle aufgrund positiver wirtschaftlich und technischer Eigenschaften (kann in beliebigen Längen, auch als DURSLEEPER und mit und ohne Finnen hergestellt werden) eine Renaissance und kommt als Weichenschwelle zum Einsatz. Alle zugelassenen Schienenbefestigungen für Trogschwellen können auch für DURSLEEPER verwendet werden.

Resilienzerhöhung durch DURSLEEPER

Die DURSLEEPER hat durch das PU Compound und den Einsatz von Finnen einen sehr hohen Querverschiebewiderstand. Die Gefahr von Gleisverwerfungen wird gegenüber Beton-, Holz- und Kunststoffschwellen minimiert. Trotz Beibehalten der flachen Bauart der Ausgangsbasis Stahltragschwelle kann die DURSLEEPER auf das Gewicht der Betonschwellen skaliert werden und somit Verformungs-/Verwerfungsgefahren des Gleises durch extreme Temperaturen reduzieren.

Die erhöhte Kontaktfläche zum Schotter beeinflusst Schotterqualität, Sauberkeit, Verdichtung und Tragfähigkeit über die Lebensdauer positiv und reduziert das Entstehen von A&E Feinstäuben, Vibrationen, Emissionen und Drainageeinschränkungen im Schotterhaufwerk. So kann sowohl die Dauerhaftigkeit der Schwelle als auch de-

ren Elastizität entsprechend den Anforderungen optimiert werden. Im Vergleich zu spröderen Materialien besitzen DURSLEEPER bei Havarien und Entgleisungen potenziell günstigere Notfalleigenschaften; das Gleissystem wird schneller wieder nutzbar, es gibt keine Anhängigkeiten von volatilen globalen Lieferketten; Schwellenmaterial, Fertigung und Recycling erfolgt innerhalb der EU/Deutschlands.

Die Verlegegeschwindigkeit von Stahlvollblockschwellen ist hoch, das Stopfen unkompliziert - auch in kritischen Situationen und bei begrenzter Maschinenverfügbarkeit. Es besteht keine Bruchgefahr bei robuster Verlegung.

Stahlschwellen sind einfach zu lagern, zu transportieren und können andere Schwellentypen aufgrund ihrer Bauform und Eigenschaften ersetzen. Zudem sind sie 100 % recycelbar.

Summary

New Approaches to Steel Sleepers – A Consideration of Environmental, Circular Economy and Resilience Requirements

This article focuses on the steel sleeper variants: steel trough sleepers and solid steel block sleepers. It aims to contribute to the discussion on the potential applications of different railway sleeper materials, in order to identify appropriate approaches in line with growing environmental, circular economy and resilience requirements. By highlighting different production processes, the aim is to identify verifiable potential for CO₂ reduction and to regulate the implementation of environmental and sustainability innovations in railway construction – including through procurement – ensuring that future evaluations in tendering procedures are based on standardised and transparent criteria. A long service life, robust construction, environmental friendliness and circular economy principles should pave the way for a new future for the solid steel sleeper.



DURSLEEPER

Stark. Effizient. Nachhaltig.



Die innovative Stahlvollblockschwelle mit Schottercompound setzt neue Maßstäbe im Bahnbau.