

Bingen, im Dezember 2008

## **Vorwort zur neuen Ökologischen Bilanzierung von Eisenbahnschwellen**

Verehrte Leser,  
liebe Freunde der Holzschwelle,

nachdem sich die imprägnierte Holzschwelle nach etlichen mageren Jahren in letzter Zeit wieder recht gut als unverzichtbares Bauelement im Eisenbahn-Oberbau etablieren und ihren Marktanteil stabilisieren konnte, erachtete es unser Verband als unabdingbar, Ihnen als potentiellen Käufern nun die ökologischen Vorteile der Holzschwelle vorzustellen. Sie sind das Ergebnis zahlreicher Innovationen, die in den vergangenen Jahren von den Herstellern in die Praxis umgesetzt wurden und von denen sowohl Sie als Kunden als auch die Umwelt profitieren können.

Die von Herrn Dr. Frank Werner, Umwelt & Entwicklung, Zürich erarbeitete und anschließend von der Eidgenössischen Materialprüfanstalt (EMPA) einer Konformitätsprüfung nach EN/ISO 1404 unterzogene neue Ökobilanzstudie zeigt deutlich die umweltrelevanten Vorzüge des Einsatzes von Holzschwellen auf - und zwar über den gesamten Lebenszyklus des Produkts.

Auf den folgenden Seiten finden Sie viele nützliche und wertvolle Hinweise darauf, dass Holzschwellen nicht nur spezifischen und ökonomischen, sondern auch noch hohen ökologischen Anforderungen gerecht werden.

**Wir meinen: Die Ergebnisse der Ökobilanz sprechen eindeutig für den vermehrten Einsatz von Holzschwellen!**

**Studiengesellschaft Holzschwellenoberbau e.V.**

Rainer Schimmelpfennig  
(1. Vorsitzender)

Uwe Halupczok  
(Geschäftsführer)

Dr. Frank Werner

**Umwelt & Entwicklung**

Waffenplatzstrasse 89

CH-8002 Zürich

Schweiz

Tel.: ++41-(0)44-241 39 06

e-mail: frank@frankwerner.ch

Web: www.frankwerner.ch



# Ökologische Bilanzierung von Eisenbahnschwellen

Vergleich von Schwellen aus

**Buchenholz, Eichenholz, Beton und Stahl**

Eine Studie im Auftrag der

**Studiengesellschaft Holzschwellenoberbau e.V.**

Mit einem Textbeitrag zur legalen Situation der Altschwellenverwertung von

**Dr. Rainer Schrägle, Technologica GmbH**

Externe Kritische Prüfung gemäß EN/ISO 14040:

**Dr. K. Richter, Abteilung Holz, Empa Dübendorf**



Stand: September 2009

Sachbearbeitung: Dr. F. Werner, Umwelt & Entwicklung, Zürich

Textbeitrag: Dr. Rainer Schrägle, Technologica GmbH., Leonberg (D)

Projektbegleitung: Uwe Halupczok, Studiengesellschaft Holzschwellenoberbau e.V., Bingen (D)  
Rainer Schimmelpfennig, RS Consult/THP Neumarkt (D)  
Hubertus Willeke, DB Infrastruktur, Schwandorf (D)  
Hartmut Brieke, Rütgers Chemicals GmbH, Castrop-Rauxel (D)  
Dr. Matthias Levering, Rütgers Chemicals GmbH, Castrop-Rauxel (D)  
Marc-André Vuilleumier, SBB Infrastruktur, Bern (CH)  
Sven-Dirk Richtberg, Karl Richtberg GmbH & Co KG, Neuenburg/Rhein (D)  
Josef Dummer, Karl Richtberg GmbH & Co KG, Verkaufsbüro Bingen/Rhein (D)  
Oliver Arlt, Imprägnierwerk Wülknitz GmbH., Wülknitz (D)  
Peter Nowaczyk, Holz-Fehlings, Gleistechnik und Entsorgung GmbH, Marl-Sinsen (D)  
Dr. Rainer Schrägle, Technologica GmbH, Leonberg (D)

**Nutzung, Veröffentlichung und Verwertung dieser Studie oder Auszüge davon sind nur für autorisierte Nutzer zulässig. Unautorisierte Nutzung ist untersagt.**

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Ökobilanz werden die Umweltwirkungen von Beton-, Buchen-, Eichen- und mehreren Stahlschwellen berechnet und miteinander verglichen. Dabei werden die Stoff- und Energieflüsse über den gesamten Lebenszyklus der Schwellen berücksichtigt: von der Herstellung der Hauptmaterialien und Befestigungsmaterialien über die Nutzung bis hin zu Rückbau und Entsorgung oder Recycling. Zusätzlich wird anteilmäßig der Gleisumbau inkl. Verlegung der Schwellen sowie Gleiswartung und Unterhalt einbezogen, da sich der Gleisaufbau je nach Schwellentyp unterscheidet.

Als funktionale Einheit wird verglichen:

1 Gleisschwelle inkl. Befestigungsmaterial plus anteilmäßig der Aufbau eines zweigleisigen Gleisbettes über eine Länge von 63 cm über 1 Jahr, bezogen auf die mittlere Einsatzdauer der Schwelle.

Diese Ökobilanz wurde in Konformität mit den internationalen Normen für Ökobilanzen EN/ISO 14040ff durchgeführt. Sie wurde von Herrn Dr. K. Richter, Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Dübendorf (CH), gemäß EN/ISO 14040 einer externen Kritischen Prüfung unterzogen und kann somit öffentlich für Vergleiche verwendet werden.

Diese Ökobilanz richtet sich an:

1. Strategische Entscheidungsträger, welche Leitbilder für den Einkauf formulieren,
2. Politische Entscheidungsträger, welche Forderungen an die Betreiber von Bahnen stellen,
3. Einkäufer von Eisenbahnschwellen,
4. Fachpersonen aus den Bereichen Herstellung, Verlegung und Entsorgung von Schwellen.

Die vorliegende Arbeit aktualisiert eine von der Empa im Jahr 1998 erstellte Ökobilanz zu Eisenbahnschwellen<sup>1</sup>. Maßgebende Aktualisierungen umfassen:

- Aktualisierung der Prozessdaten, insbesondere der Holzschwelle (s. unten),
- Verwendung der im November 2007 aktualisierten Datenbank ecoinvent 2.0. In dieser Studie betrifft dies u.a. die Prozesse zur Zement- und Stahlherstellung, Transporte, Strommixe, Entsorgungsprozesse, etc.
- Verwendung aktualisierter Bewertungsmethoden für alle Wirkungskategorien. Von Bedeutung sind hier insbesondere die Wirkungskategorien zur Human- und Ökotoxizität. In diesen Wirkungskategorien wird im Gegensatz zur Empa-Studie explizit die Verteilung und Exposition (engl. fate and exposure) der Emissionen berücksichtigt. Dies ermöglicht es, die Wirkung chronischer Belastungen in Ökobilanzen besser abzubilden.
- Anpassung der Studie an deutsche Verhältnisse. Somit wird in der Studie der deutsche Strommix verwendet und für die Liegedauern der Schwellen die Verhältnisse der Deutschen Bahn zugrunde gelegt.
- Neuberechnung des Wartungsaufwandes für alle Schwellen.

Die Daten für die Stahl- und Betonschwellen wurden mehrheitlich der Empa-Studie entnommen. Damit sind etwaige Optimierungen im Herstellungsprozess oder beim Design für diese Schwellen nicht berücksichtigt. Es ist aber anzunehmen, dass deren Einfluss auf die Ökobi-

---

<sup>1</sup> Künniger und Richter 1998

lanz im Vergleich zum Einfluss der Hintergrunddaten, z.B. zur Zement- oder Stahlherstellung, von untergeordneter Bedeutung ist.

Bei den Holzschwellen wurden die Ökobilanzdaten über den gesamten Lebensweg aktualisiert. Dadurch konnte die z.T. unbefriedigende Datenlage in der Empa-Studie verbessert sowie maßgebliche Prozessoptimierungen berücksichtigt werden. Diese Aktualisierungen umfassen u.a.:

- Bilanzierung der Forstprozesse für Buchen und Eichen basierend auf Untersuchungen der Universität Hamburg,
- Aktualisierung der Daten zur Herstellung des Imprägnieröls und der Allokation des Destillationsprozesses basierend auf den heutigen wirtschaftlichen Gegebenheiten eines Herstellers,
- Aktualisierung der Allokation des Verkokungsprozesses zu Rohteer basierend auf den heutigen wirtschaftlichen Gegebenheiten einer deutschen Kokerei,
- Ausschließliche Verwendung von Imprägnieröl Typ C gemäß EN 13991,
- Reduzierte Einbringmengen von Imprägnieröl gemäß Herstellerangaben zur praktischen Anwendung von DIN 68811:2007-01,
- Abschätzung der Emissionen während der Liegedauer der Holzschwellen basierend auf den aktualisierten Einbringmengen und der stark reduzierten Verdunstungsneigung von Imprägnieröl Typ C gemäß EN 13991,
- Gesetzeskonforme thermische Nutzung der Altschwellen und Verwendung aktualisierter Daten zu den resultierenden Emissionen,
- Berücksichtigung des Substitutionseffektes der thermischen Nutzung von Holzschwellen, d.h. der Verbrennung von Holzschwellen anstelle von fossilen Energieträgern, gestützt auf für diese Studie durchgeführte Laboruntersuchungen zum Heizwert von Altschwellen.

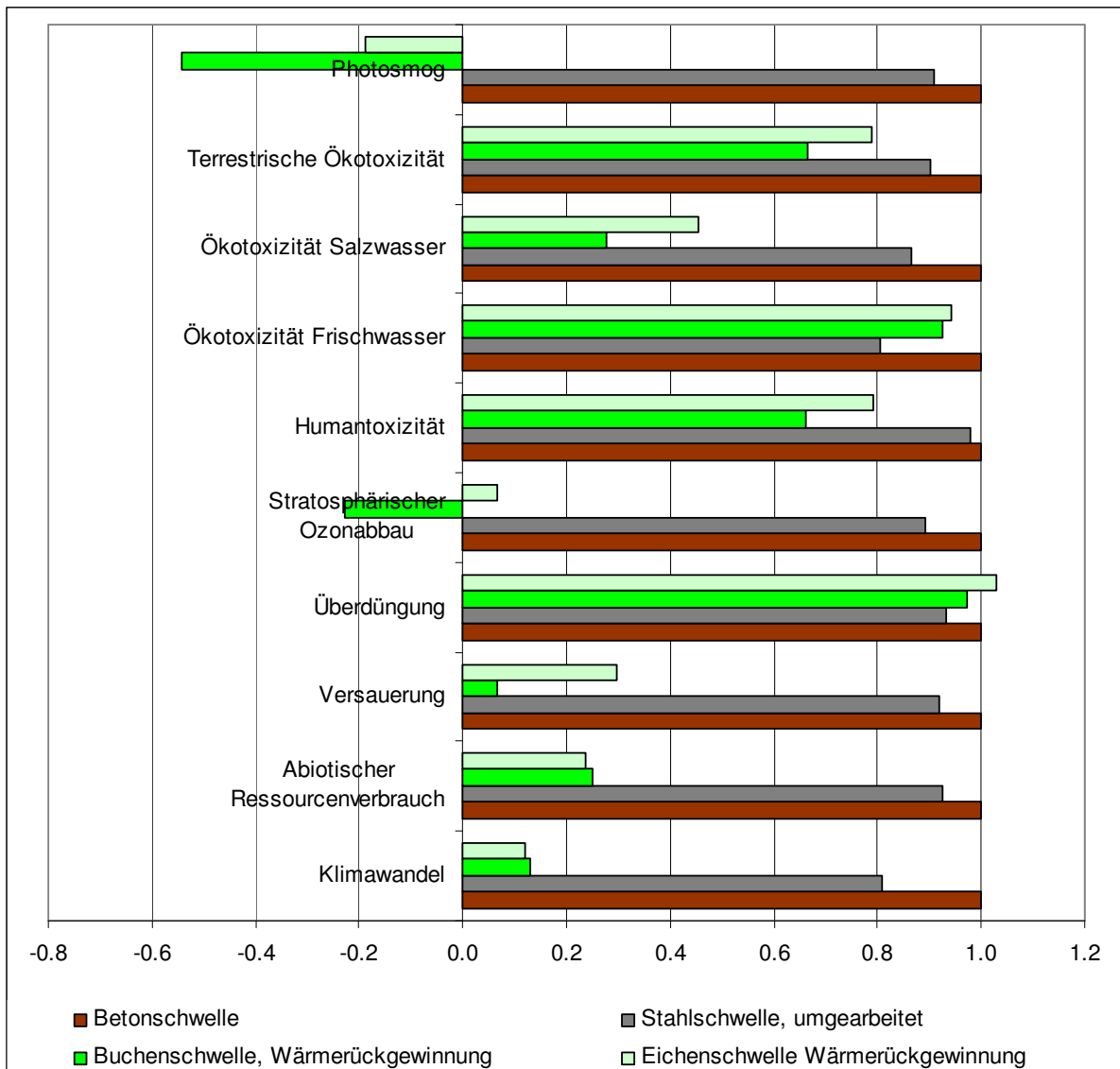
In Abbildung 0-1 werden die Ökoprofile der untersuchten Schwellen relativ zueinander verglichen. Die Umweltwirkungen der Schwellen werden dabei relativ zu den Umweltwirkungen der Betonschwelle ausgewiesen.

Bei den Holzschwellen wird die heute aufgrund der Altholzverordnung übliche energetische Verwertung zugrunde gelegt. Negative Werte bedeuten somit, dass die Vermeidung („Substitution“) der Verbrennung fossiler Energieträger durch die energetische Verwertung der Holzschwellen mehr Emissionen vermeidet als über den Lebensweg der Schwellen verursacht werden.

Aus dieser Darstellung und den detaillierten Untersuchungen der Ökoprofile der Schwellen lassen sich die Ergebnisse der Studie wie folgt zusammenfassen:

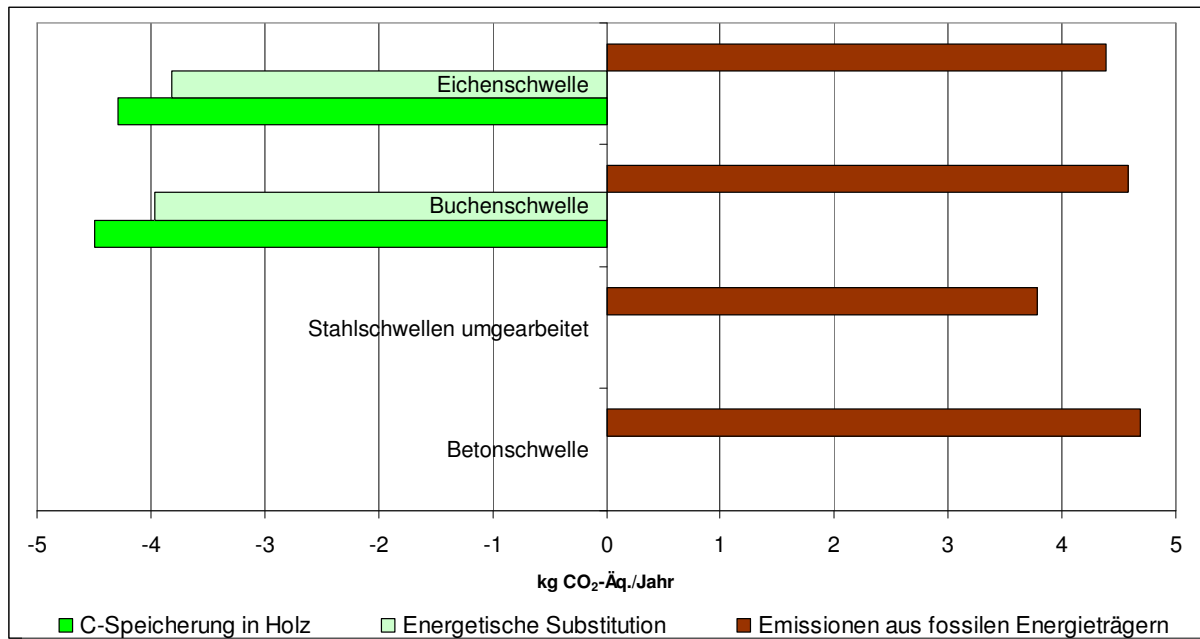
- Generell wird das Ökoprofil aller Schwellen durch die Umweltwirkungen aus Gleisbau, -wartung und Unterhalt dominiert.
- Neue Stahlschwellen weisen in allen Wirkungskategorien mit Abstand die höchsten Beiträge auf. Dies gilt auch bei Berücksichtigung der Rezyklierbarkeit des Stahls.
- Umgearbeitete, d.h. nach Reparaturarbeiten wiederverwendete, Stahlschwellen schneiden in allen Wirkungskategorien besser ab als die Betonschwelle.
- Bei Berücksichtigung der thermischen Nutzung schneiden die Holzschwellen im Vergleich zu umgearbeiteten Stahlschwellen und Betonschwellen in allen Wirkungskategorien mit Ausnahme der Wirkungskategorie Überdüngung am besten ab. Die Beiträge zur Wirkungskategorie Überdüngung unterscheiden sich bei allen vier untersuchten Schwellenarten nicht signifikant.
- Bei einigen Wirkungskategorien sind die vermiedenen Emissionen aus der Substitutionswirkung – dem Ersatz fossiler Energieträger – durch die energetische Verwertung der Holzschwellen größer als die direkten Emissionen aus deren Lebenszyklus, insbesondere beim Klimawandel (falls in einer WKK verwertet), z.T. aber auch beim

abiotischen Ressourcenverbrauch, dem stratosphärischen Ozonabbau oder dem Photosmog.



**Abbildung 0-1: Vergleich der Umweltwirkung der Schwellen relativ zu den Umweltwirkungen der Betonschwelle; Wärmerückgewinnung bei den Holzschwellen (ohne neue Stahlschwelle)**

- Die Ökoprofile der Buchen- und Eichenschwelle unterscheiden sich kaum.
- Die Umstellung auf Imprägnieröls Typ C gemäß EN 13991 und die Einbringung nach Deutscher Norm DIN 68811:2007-01 hat dazu geführt, dass die Verwendung von Imprägnieröl im Vergleich zu früheren Studien nunmehr eine untergeordnete Rolle für das Ökoprofil der Holzschwellen spielt.
- Die heute aufgrund der Altholzverordnung übliche energetische Verwertung der Schwellen erweist sich als essentiell für ein vorteilhaftes Ökoprofil der Holzschwellen.
- Holzschwellen speichern über ihre Einsatzdauer in etwa gleichviel CO<sub>2</sub> als Kohlenstoff, wie Treibhausgase aus fossilen Quellen über ihren Lebensweg inkl. Gleisbau, -wartung und Unterhalt freigesetzt werden (Abbildung 0-2). In jeder Holzschwelle sind rund 132 kg CO<sub>2</sub> gespeichert. Hochgerechnet auf das gesamte deutsche Schienennetz sind dies 3.78 Mio. t CO<sub>2</sub>, die heute in Holzschwellen gespeichert sind.



**Abbildung 0-2: Treibhausgaswirkung der untersuchten Schwellen (ohne neue Stahlschwelle); C-Speicherung, Energetische Substitution, Materielle Nutzung (pro Jahr)**

- Bei konsequenter thermischer Nutzung von Altschwellen – vorzugsweise in Wärme-Kraft-Kopplungen – wird durch die Substitution fossiler Energieträger etwa gleichviel CO<sub>2</sub> vermieden, wie über den Lebenszyklus der Holzschwellen inkl. Gleisbau und –unterhalt emittiert wird. So sind Holzschwellen bei nachhaltiger Waldbewirtschaftung nicht nur hinsichtlich ihres biogenen Kohlendioxids CO<sub>2</sub>-neutral, sondern auch hinsichtlich des CO<sub>2</sub> aus fossilen Quellen.

Aus der Ökobilanz lassen sich für die Schwellen folgende Strategien zur weiteren Verbesserung ihrer Ökoprofile ableiten:

- Aufgrund der Dominanz des Gleisumbaus und der Gleiswartung ist jede technische Maßnahme geeignet, das Ökoprofil von Schwellen zu verbessern, welche den Verbrauch von neuem Schotter bzw. dessen Transport reduziert.
- Die Liegedauer der Schwellen ist ein entscheidender Einflussfaktor für das Ökoprofil aller Schwellen. Die Entwicklung und Umsetzung technischer Möglichkeiten zur Verlängerung der Lebensdauer der einzelnen Schwellen und des Unterhaltsintervalls stellt eine Kernstrategie zur ökologischen Optimierung für alle Schwellen dar.
- Bei den Holzschwellen haben sich verschiedene Prozessoptimierungen bewährt. Insbesondere die Umstellung auf Imprägnieröl Typ C gemäß EN 13991 und die Einbringung nach Deutscher Norm DIN 68811:2007-01 sowie die heute aufgrund der Altholzverordnung übliche energetische Verwertung der Holzschwellen zahlen sich aus. Damit sind die Umweltwirkungen der vergleichsweise großen Mengen an Befestigungsmaterial in den Fokus gerückt. Eine Reduzierung der eingesetzten Stahlmengen, eine verstärkte Wiederverwendung von Befestigungsmaterialien oder auch die Entwicklung besser wieder verwendbarer Befestigungsmaterialien könnten das Ökoprofil von Holzschwellen weiter verbessern.
- Bei den Stahlschwellen steht nach wie vor die Umarbeitung von Stahlschwellen im Vordergrund. Die Herstellung von Stahlschwellen aus Neustahl und selbst aus Recyclingstahl weist dagegen ein schlechteres Ökoprofil auf. Möglichkeiten zur Reduktion des eingesetzten Stahls pro Schwelle über ein verändertes Design der Schwelle wären zu prüfen. Materialeinsparungen dürfen aber nicht zu Lasten der Lebensdauer gehen.

- Auch bei den Betonschwellen steht die Prüfung der Möglichkeiten zur Reduktion der eingesetzten Mengen an Beton und Armierungsstahl pro Schwelle über ein verändertes Design im Vordergrund. Auch hier darf die Materialeinsparung nicht zu Lasten der Lebensdauer oder der Wiederverwendbarkeit gehen. Auch wäre der Einsatz von rezykliertem, gebrochenem Beton als Kiesersatz zumindest in einer Ökobilanz zu prüfen.

Aufgrund verschiedener Sensitivitätsanalysen können diese Schlussfolgerungen als robust bezeichnet werden, auch wenn die Ökopprofile der Stahlschwellen und der Betonschwelle auf älteren Prozeßdaten beruhen.

Abschließend kann festgehalten werden, dass aufgrund maßgeblicher prozess-technischer und ökonomischer Veränderungen über den Lebenszyklus der Holzschwellen und durch die Verfügbarkeit aktualisierter Daten zu den Emissionen aus der Imprägnierung, Nutzung und energetischen Verwertung von Holzschwellen die Ergebnisse der Empa-Studie zumindest für Mitteleuropa als überholt angesehen werden können.