

Alternative Imprägniermittel für Bahnschwellen aus Holz

Eine technische, ökonomische und ökologische Herausforderung

Notburga Pfabigan

Einleitung

Die Aufrechterhaltung einer effizienten Bahninfrastruktur erfordert nach wie vor den Einsatz von Bahnschwellen aus Holz, insbesondere dort, wo Holzschwellen für die verstärkt auftretenden Vibrationen günstigere Eigenschaften aufweisen als Beton- oder Stahlschwellen. Kreosot, über Jahrzehnte zur Schwellenimprägnierung eingesetzt, wird aufgrund der europäischen Gesetzgebung für diese Anwendung jedoch künftig ev. nicht mehr zur Verfügung stehen. Inwiefern alternative Imprägnierprodukte zur Imprägnierung von Bahnschwellen aus Holz geeignet sind, steht im Mittelpunkt des an der Holzforschung Austria laufenden Forschungsprojektes „Bahnschwelle 2020“.

1. Bedarf an Bahnschwellen aus Holz

Der Anteil an Betonschwellen ist in Österreich, wie im übrigen Europa, in den letzten Jahren stark angestiegen. Die Aufrechterhaltung einer effizienten Bahninfrastruktur erfordert jedoch nach wie vor auch den Einsatz von Bahnschwellen aus Holz (siehe Abbildung 1), insbesondere dort, wo Holzschwellen für die dort verstärkt auftretenden Vibrationen günstigere Eigenschaften aufweisen als Beton- oder Stahlschwellen:

- auf Strecken mit engen Bogenradien,
- auf Strecken mit Stoßlückengleisen,
- im Bereich von Weichen,
- im Verschubbereich.

Auch dort, wo Umbauten nicht möglich bzw. kostspielig wären, werden Schwellen aus Holz benötigt, z.B. in alten, engen Tunnels, da Beton- oder Stahlschwellen einen höheren Aufbau als Gleisunterbau benötigen als Holzschwellen und dieser aus Platzgründen oft nicht möglich ist.



Abbildung 1: Bahnschwellen aus Holz, für einen effizienten Bahnbetrieb unerlässlich

Laut SUWOS-Studie (2013) liegt im Schienennetz Österreichs der Anteil an Holzschwellen auf den Hauptstrecken bei annähernd 40 %, auf den Nebenstrecken bei knapp unter 50 %, Weichenschwellen sind zu beinahe 70 % aus Holz. In einem Schreiben der ÖBB-Infrastruktur Bau AG an die Europäische Kommission (2008) beziffert diese den jährlichen Bedarf an Buchenschwellen mit ca. 85.000 Stück, jenen an Eichenschwellen mit 18.500 Stück und jenen an Eichenschwellen für Weichen mit 30.500 Stück. Können Holzschwellen nicht mehr mit einem geeigneten Imprägnierprodukt geschützt werden, wird davon ausgegangen, dass sich die geschätzte Nutzungsdauer bei Buchenschwellen von 30 auf 3-5 Jahre, bei Eichenschwellen von 30 auf 15 Jahre verkürzt. Der dadurch bedingte jährliche Mehraufwand für Gleise und Weichen wird von der ÖBB-Infrastruktur Bau AG mit 62 Mio. €/Jahr angegeben.

Für Bahnschwellen aus Holz werden in Österreich, wie im Großteil Mitteleuropas, die Laubhölzer Buche oder Eiche eingesetzt. Diese weisen für Bahnschwellen günstige mechanische Eigenschaften auf, wie große Druckfestigkeit, großer Elastizitätsmodul sowie sehr gute Biegefestigkeit und Bruchschlagarbeit. Allerdings besitzen die Laubhölzer Buche und Eiche keine ausreichende natürliche Dauerhaftigkeit, um als unbehandelte Holzschwelle im praktischen Bahnbetrieb die geforderte Nutzungsdauer von 30 Jahren oder mehr zu erreichen. Holzschwellen müssen daher mit Holzschutzmitteln imprägniert werden. Seit Jahrzehnten werden Bahnschwellen aus Holz zur Erhöhung ihrer Haltbarkeit weltweit beinahe ausschließlich mit Kreosot, einem Destillat aus Steinkohleeröl, imprägniert. Kreosot wird jedoch gemäß der Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 als Karzinogen ohne Schwellenwert betrachtet und ist als Karzinogen der Kategorie 1B eingestuft. Dies führte bei der Bewertung des Wirkstoffes Kreosot, im Zuge der Umsetzung der Biozid-Produkte-Richtlinie, zu Konsequenzen, die im folgenden Abschnitt beschrieben sind.

2. Biozid-Produkte-Richtlinie und Kreosot

2.1. Biozid-Produkte-Richtlinie¹

Mit der Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten, kurz Biozid-Produkte-Richtlinie, wurde für die Europäische Union ein Regelungsrahmen für das Inverkehrbringen und für die Anwendung von Bioziden geschaffen. Ziel der Richtlinie bzw. der jetzigen Verordnung ist es, ein hohes Schutzniveau für Mensch und Umwelt und ein ordnungsgemäßes Funktionieren des Binnenmarktes sicherzustellen. Biozid-Produkte dürfen somit künftig erst dann in Verkehr gebracht werden, wenn sie von einer nationalen Zulassungsstelle zugelassen sind.

Das 2-phasige Zulassungsverfahren begann mit der Erfassung und anschließenden Bewertung der Biozid-Wirkstoffe für die einzelnen Produktarten. Bei positiver Entscheidung werden die jeweiligen Biozid-Wirkstoffe in eine auf Gemeinschaftsebene gültige Liste von Wirkstoffen die in Biozid-Produkten verwendet werden dürfen, den Anhang I² der Biozid-Produkte-Richtlinie, aufgenommen. In der zweiten Phase kann die Zulassung des entsprechenden Produktes bei der nationalen Zulassungsstelle beantragt werden. Sowohl im Verfahren zur Wirkstoff-Zulassung als auch zur Produkt-Zulassung muss durch entsprechende Studien nachgewiesen werden, dass die dafür festgelegten Bedingungen erfüllt werden.

Wirkstoffe mit folgenden Eigenschaften dürfen nicht genehmigt und somit nicht in den Anhang I aufgenommen werden (sog. Ausschlusskriterien):

- krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend (CMR),
- persistent, bioakkumulierbar und toxisch (PBT),
- sehr persistent, sehr bioakkumulierbar (vPvB) und
- endokrine Disruptoren (endokrin wirksame Substanzen).

Dabei werden jedoch Rückausnahmen unter folgenden Bedingungen eingeräumt:

¹ Anmerkung: am 27. Juni 2012 wurde im Amtsblatt der Europäischen Union die Biozidprodukteverordnung (EU Nr. 528/2012) veröffentlicht. Sie ersetzte ab 1. September 2013 die Biozid-Produkte-Richtlinie. Eine Reihe von Bestimmungen regelt den Übergang von der Biozid-Produkte-Richtlinie zur Biozidprodukteverordnung.

² Anmerkung: Mit der Biozidprodukteverordnung wird der Anhang I der Biozid-Produkte-Richtlinie durch die Unionsliste genehmigter Wirkstoffe ersetzt. Der Anhang IA der Biozid-Produkte-Richtlinie wird Teil des Anhangs I der Biozidprodukteverordnung.



- bei der vorgesehenen Verwendung ist die Exposition so gering, dass das Risiko für Mensch, Tier und Umwelt vernachlässigt werden kann, oder
- der Wirkstoff ist nachweislich erforderlich, um eine ernste Gefahr für Mensch, Tier oder Umwelt zu vermeiden bzw. zu bekämpfen, oder
- die Nichtgenehmigung des Wirkstoffs hätte unverhältnismäßige negative Folgen für die Gesellschaft.

In diesen Fällen kann auch ein Wirkstoff genehmigt werden, der die Ausschlusskriterien erfüllt. Die Begründung für eine Rückausnahme muss im Antrag auf Genehmigung des Wirkstoffs dargelegt werden. Die Verwendung von Biozid-Produkten mit solchen Wirkstoffen ist auf die Mitgliedstaaten beschränkt, in denen die Bedingungen für die Rückausnahmen erfüllt sind.

2.2. Der Wirkstoff Kreosot

Kreosot ist eine Mischung zahlreicher Verbindungen und enthält hauptsächlich polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Einige dieser PAK wurden vom Ausschuss für Risikobeurteilung der Europäischen Chemikalienagentur als persistent, bioakkumulierbar und toxisch oder sehr persistent und stark bioakkumulierbar eingestuft. Aufgrund des Herstellungsverfahrens kann die Zusammensetzung der Kreosote variieren, den Hauptanteil von ca. 85% betragen jedoch immer die PAK (Riechert et. al, 2011).

Mit der Verwendung von Kreosot sind in bestimmten Anwendungen jedoch beträchtliche sozio-ökonomische Vorteile verbunden und in bestimmten Fällen liegen keine geeigneten Alternativen zu Kreosot vor, die weniger umweltschädlich sind. Daher wurde Kreosot im Zuge der Umsetzung der Biozid-Produkte-Richtlinie, trotz des umwelt- und gesundheitsgefährdenden Potentials mit 01.05.2013 in den Anhang I genannter Richtlinie aufgenommen, allerdings beschränkt auf 5 Jahre, bis 30.04.2018 (Richtlinie 2011/71 EU). Sollte diese Frist nicht verlängert werden, ist die Anwendung von Kreosot für diesen Einsatzbereich im EU-Raum in Zukunft nicht mehr möglich, weshalb dringender Bedarf an Alternativen zur Kreosot-Imprägnierung von Bahnschwellen aus Holz besteht.

Nach der Richtlinie 2011/71/EU:

- darf nur noch Kreosot Grad B oder Grad C gemäß der Europäischen Norm EN 13991:2003 in Verkehr gebracht werden, das sind Kreosote, die einen Massengehalt von weniger als 50 Milligramm Benzo(a)pyren pro Kilogramm und einen Massengehalt von weniger als 3% wasserlöslicher Phenole aufweisen.
- Kreosot enthaltende Biozid-Produkte dürfen nur für Anwendungen zugelassen werden, für die es keine geeigneten Alternativen gibt. Mitgliedstaaten, die solche Produkte in ihrem Hoheitsgebiet zulassen, müssen der Kommission spätestens bis zum 31. Juli 2016 einen Bericht vorlegen, in dem sie ihre Schlussfolgerung in Bezug auf das Fehlen geeigneter Alternativen begründen, und darlegen, wie die Entwicklung von Alternativen gefördert wird.
- Der Wirkstoff wird einer vergleichenden Risikobewertung unterzogen, bevor seine Aufnahme in diesen Anhang verlängert wird. Das bedeutet, die Behörde überprüft, ob für die im Antrag genannten Verwendungszwecke bereits zugelassene Biozidprodukte oder nicht-chemische Bekämpfungsmethoden existieren, die ausreichend wirksam sind und deren Verwendung ein geringeres Gesamtrisiko birgt. Sofern sich daraus keine wesentlichen wirtschaftlichen oder praktischen Nachteile ergeben, kann die zuständige Behörde unter diesen Bedingungen die Zulassung verweigern.

Zulassungen von Biozidprodukten, für die eine vergleichende Bewertung durchgeführt worden ist, gelten ebenso wie deren Verlängerungen für höchstens 5 Jahre.

3. Technische, ökonomische und ökologische Herausforderungen

Es stellt eine große Herausforderung dar, einen Ersatz für das Imprägnierprodukt Kreosot zur Imprägnierung von Bahnschwellen aus Holz zu entwickeln, denn Kreosot weist nicht nur ein breites Wirkungsspektrum gegen alle Schadorganismen von Bedeutung und eine exzellente Langzeitwirksamkeit auf. Kreosot-imprägnierte Holzschwellen zeigen auch in den für die Bahnbetreiber wichtigen technologischen Eigenschaften ein günstiges Profil:

- mit Kreosot imprägnierte Holzschwellen weisen eine geringere Feuchteaufnahme auf als unbehandelte Hölzer,

- Kreosot übt auf die üblicherweise im Gleisbau verwendeten metallischen Verbindungsmittel keine korrosive Wirkung aus,
- Kreosot leistet keinen Beitrag zur Erhöhung der Leitfähigkeit von Holz,
- eine Imprägnierung von Holz mit Kreosot hat keine negativen Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften von Holz und wirkt ausgezeichnet der physikalischen Abwitterung von Holz entgegen.

Der wesentliche Nachteil des Imprägnierproduktes Kreosot sind seine toxikologischen und ökotoxikologischen Eigenschaften.

All diese Kriterien haben alternative Produkte zu erfüllen, zusätzlich müssen diese aber jedenfalls auch ein günstigeres toxikologisches und ökotoxikologisches Profil aufweisen als Kreosot. Es stellt daher eine große Herausforderung dar, ein Ersatzprodukt für ein Imprägnierprodukt mit derart breitem Spektrum an geeigneten Kriterien zu entwickeln. Dies insbesondere, da es sich bei der Anwendung von Buchenholz im Freiland in vielerlei Hinsicht um eine ungünstige Anwendung handelt: Buchenholz ist als nicht dauerhaft eingestuft, neigt zu starkem Schwinden, hat eine starke Neigung zum Reißen und Werfen und neigt zum Verhyllen, was die Imprägnierbarkeit erschwert.

Neben der Erfüllung der technischen Anforderungen sind für Bahn-Infrastrukturbetreiber auch die Kosten für Ankauf, Einbau, Unterhalt und Entsorgung/Recycling ein zentrales Kriterium für die Wahl des Typs der Bahnschwellen. Hierin beinhaltet ist auch Preis für die Imprägnierung der Holzschwellen. In der SUWOS-Studie (2013) werden die Kosten für eine alternative Imprägnierung mit zwei verschiedenen Kupfer-Amin basierten Holzschutzmitteln zwischen € 17,5 – € 18,5 geschätzt. Entscheidende Bedeutung kommt bei der Kostenkalkulation der Liege- bzw. Nutzungsdauer der mit den alternativen Imprägniermitteln imprägnierten Holzschwellen zu. Bahn-Infrastrukturbetreiber fordern jedenfalls eine Mindest-Nutzungsdauer von 30 Jahren.

4. Zielsetzung des Forschungsprojektes „Bahnschwelle 2020“

Im Zentrum des an der Holzforschung Austria laufenden Forschungsprojektes „Bahnschwelle 2020“ steht die Erforschung ökologisch verträglicher Imprägnierprodukte auf ihre Eignung für die Bahnschwelle aus Holz. Bereits im Forschungsprojekt „Railsleeper“, durchgeführt im Rahmen des Programmes VIF 2011, kristallisierten sich potentiell mögliche Alternativen heraus. Der Schwerpunkt der aktuellen Forschungsarbeiten liegt nun auf der Übertragbarkeit der im Labor ermittelten Ergebnisse auf die Anwendung bei Buchenschwellen in Originaldimension (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Unbehandelte Buchenschwellen, gekappt und gesichert



Dies betrifft insbesondere die Qualität der Imprägnierung bezüglich Eindringung, Durchtränkung und Wirkstoffverteilung, die Stabilität der Hydrophobierung im Zeitverlauf, das korrodierende Potential der alternativen Schutzmittel und ev. Einflüsse auf die mechanischen Eigenschaften des Holzes. Durch die Einrichtung und kontinuierliche Begutachtung eines Forschungsgleises besteht die Möglichkeit, die Praxis-tauglichkeit der mit den alternativen Schutzmitteln imprägnierten Buchenschwellen unter tatsächlichen Belastungsbedingungen zu beurteilen.

Als potentiell mögliche Alternativen für Kreosot kommen Kupfer-Amin basierte Holzschutzmittel in Frage. Kupfer-Amin basierte Holzschutzmittel sind seit ca. 20 Jahren auf dem Markt und werden vor allem zur Imprägnierung von Nadelhölzern eingesetzt. Über die Imprägnierung von Buchenholz mit Kupfer-Amin basierten Holzschutzmitteln sind nur wenige Daten veröffentlicht. Nadelhölzer werden mit den genannten Holzschutzmitteln idealerweise bei Holzfeuchtigkeiten um Fasersättigung oder darunter imprägniert. Es ist davon auszugehen, dass dies auch für Buchenholz zutrifft. Diese Holzfeuchten werden allerdings bei Buchenschwellen mit Dimensionen von 260 x 26 x 16 cm im Schwelleninneren, vor der Tränkung, nicht erzielbar sein. Dies stellt eine besondere Herausforderung an die Imprägniertechnik und an die Formulierungen dar.

Die für Nadelhölzer notwendigen Einbringmengen an Holzschutzmittel sind nicht mit den für Laubhölzer notwendigen gleichzusetzen. Der unterschiedliche anatomische Aufbau von Nadel- und Laubholz bedingt deren unterschiedliche Imprägnierbarkeit und auch eine etwas unterschiedliche Verteilung von Holzschutzmittel-Wirkstoffen in Nadel- und Laubhölzern. Damit einhergehen könnten unterschiedliche Ab- bzw. Auswaschraten. Diese werden im Rahmen des Forschungsprojektes „Bahnschwelle 2020“ für Buchenholz erhoben, da diese Daten zur Abschätzung einer ev. Umweltbelastung herangezogen werden können.

Ergebnisse aus dem Projekt „Railsleeper“ ließen den Schluss zu, dass Laubhölzer, die mit Kupfer-Amin basierten Holzschutzmitteln imprägniert wurden, ein höheres korrosives Potential gegenüber Schwellenschrauben aufweisen als mit Kreosot imprägnierte Hölzer. Inwiefern dieses höhere korrosive Potential für die von der Bahn eingesetzten Schwellenschrauben tatsächlich zum Tragen kommt, ist nicht bekannt und ist ebenfalls Gegenstand der Untersuchung.

Mit Kreosot imprägnierte Hölzer weisen eine geringere Feuchteaufnahme auf als unbehandelte Hölzer. Damit einher geht einerseits eine geringere Leitfähigkeit, eine geringere Anfälligkeit gegenüber biogenen Holzzerstörern aber auch eine höhere Dimensionsstabilität. Um eine vergleichbar niedrige Holzfeuchteaufnahme auch mit Kupfer-Amin imprägnierten Bahnschwellen zu erzielen, wird im Rahmen des Projektes die Tauglichkeit von Hydrophobierungsmitteln erforscht. Als problematisch zu erachten ist hierbei die Aufrechterhaltung einer Hydrophobierung über längere Zeiträume.

Inwiefern Kupfer-Amin basierte Holzschutzmittel Auswirkungen auf die mechanischen Eigenschaften imprägnierter Laubhölzer haben, ist nicht erforscht. Generell ist nicht zu erwarten, dass durch die Imprägnierung wesentliche Veränderungen auftreten (z.B. der Biegefestigkeit), aber auch diese Fragestellung ist im Laufe des Projektes abzuklären.

5. Resümee

Die Anforderungen, die an Imprägnierprodukte für Bahnschwellen aus Buche gestellt werden, sind sehr hoch und sie stellen eine große Herausforderung in technischer, ökologischer und ökonomischer Hinsicht dar. Geeignete Imprägnierprodukte müssen nicht nur ein breites Wirkungsspektrum gegen biogene Schadorganismen und eine exzellente Langzeitwirksamkeit aufweisen. Die mit den alternativen Produkten imprägnierten Holzschwellen müssen auch in den für die Bahnbetreiber wichtigen technologischen Eigenschaften ein günstiges Profil zeigen. Kupfer-Amin basierte Holzschutzmittel haben sich im Laborversuch als potentiell mögliche Ersatzprodukte herausgestellt. Jetzt liegt der Schwerpunkt der aktuellen Forschungsarbeiten auf der Übertragbarkeit dieser im Labor ermittelten Ergebnisse auf die Anwendung bei Buchenschwellen in Originaldimension. Eine vollständige Substitution von Kreosot bis 2018 zu erreichen, ist ein hoch gestecktes Ziel. Aufgrund der z.T. sehr langen Dauer von Untersuchungen erscheint es jedoch unrealistisch, bis zu diesem Zeitpunkt ein ausreichend geprüftes Imprägnierprodukt für die Spezialanwendung für Bahnschwellen aus Holz etabliert zu haben.

6. Danksagung

Das Projekt „Bahnschwelle 2020“ wird von der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG), von Firmen- und Industriepartnern, der Arbeitsgemeinschaft Holzschutzmittel im Fachverband der chemischen

Industrie und dem Fachverband der Holzindustrie Österreichs finanziell unterstützt. Wir danken für die Unterstützung.

7. Literatur

Riechert F., Berger M., Kersten N. (2011): Biomonitoring bei der Holzimprägnierung mit Steinkohlenteerölen – 1-Hydroxypyren im Urin als Marker für die innere Belastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK). Zbl Arbeitsmed 61 (2011) 4–12

Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten, kurz Biozid-Produkte-Richtlinie

Richtlinie 2011/71/EU der Kommission vom 26. Juli 2011 zur Änderung der Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zwecks Aufnahme des Wirkstoffs Kreosot in Anhang I

Schreiben der ÖBB-Infrastruktur Bau AG an die Europäische Kommission (2008): Consequences of a ban of creosote as wood preservative; an European Commission – DG Environment; 17.06.2008

SUWOS-Studie (2013): Sustainable Wooden Railway Sleepers, International Union of Railways (UIC), Paris 2013; ISBN 978-2-7464-2164-5

Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen, zur Änderung und Aufhebung der Richtlinien 67/548/EWG und 1999/45/EG und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006

Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten. (Anm.: Diese Verordnung ersetzt die Richtlinie (EG) Nr. 98/8/EG).