Die dünnste Bahnschwelle aus Kunstholztechnologie – ein Testbericht

Dr. Dimitre Iliev,
TU München Lehrstuhl und Prüfamt
für Verkehrswegebau
Dr. Günther Koller,
koocoo technology & consulting GmbH

Mit 12 cm Bauhöhe wurde vom Prüfamt für Verkehrswegebau der TU München die dünnste „Kunststoffverbundschwelle" der Welt (Stand 2013) positiv für die Vollbahn (22,5 t), mit v < 200 km/h, getestet. Die Deutsche Bahn AG teilt ihre positiven Erfahrungen mit dieser Bahnschwelle auf Strecken mit bis zu 100 000 Lasttonnen je Tag mit.

1 Entwicklung der Technologie FFU

FFU (Fibre reinforced Foamed Urethane) Kunstholz wurde im Jahre 1978 von Sekisui entwickelt. FFU ist ein Werkstoff, der die gleichen positiven Materialeigenschaften für den Einsatz, die einfache Handhabung und Verarbeitung im Gleisbau wie Naturholz zeigt. Er hat annähernd das gleiche spezifische Gewicht wie Naturholz, jedoch gegenüber diesem eine wesentlich höhere Lebenserwartung und Witterungsbeständigkeit. Die Haltbarkeit wurde 1996 für 100 Mio. Lastwechsel an einer 15 Jahre alten, im täglichen Einsatz gewesenen FFU-Kunstholzschwelle vom RTRI (Railway Technical Research Institut) mit mehr als 50 Jahren hochgerechnet. In 2011 führte das RTRI wieder einen Test an einer nun bereits 30 Jahre unter vollem Betrieb eingesetzten Schwelle durch. Die Lebenserwartung der prognostizierten 50 Jahre wurde dem Eigentümer (JR) schriftlich bestätigt.

2 Produktionsprozess

Kunstholz wird nach dem Pultrusions- oder auch Strangziehverfahren im Zuge einer strengen Qualitätssicherung entsprechend ISO-Zertifizierung hergestellt. Endlose richtungsorientierte Glasfaserstränge werden durch eine Rollenstrangpresse gezogen, mit Polyurethan vergossen und bei erhöhter Temperatur zu einem sehr hochwertigen geschlossen porigen Werkstoff ausgehärtet.
Auf Wunsch des Auftraggebers werden im Werk Bahnschwellen und Brückenhölzer aus Kunstholz in Millimetergenauigkeit formgenau vorproduziert, eindeutig gekennzeichnet und ausgeliefert. So haben die ÖBB diese Möglichkeit im Jahr 2009 genutzt, um bei Brückentragwerken die Sollgradiente durch im Werk millimetergenau vorgefertigte FFU-Brückenhölzer rasch und kostengünstig wiederherzustellen. Jedes Brückenholz hatte eine andere Höhe und führte somit zum Ausgleich der Dauerverformung Längsträger Brücke hin zur optimalen Gleislage.

3 Internationale Projekte

Seit 1985 ist FFU in Japan ein Standardprodukt der Eisenbahn (Abb. 1, 2 und 3). Dies vor allem im Bereich von Wei-

Abb. 1: Shinkansen, Tokio Station, Japan

Abb. 2: Maßanfertigung FFU im Werk, Japan

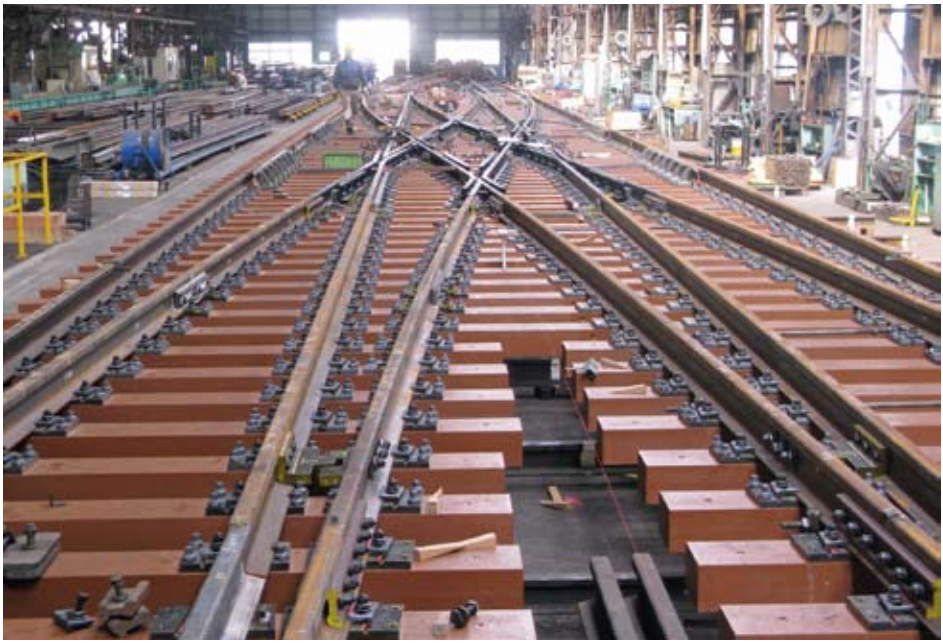

Abb. 3: Weichenstraße auf FFU, Japan 2010

Abb. 4: Weichen auf FFU, DB AG, Deutschland 2012

chenanlagen und Brückentragwerken. In Europa erfolgte der erste Einsatz im Jahr 2004, und zwar in Österreich an einer Brücke der Wiener Linien in Wien. Im Jahr 2008 baute der Chempark Leverkusen die erste Weiche mit dieser Technologie in Deutschland ein. Seitdem haben die Hamburger Hochbahn, der Münchner Verkehrsverbund (MVV), die Wiener Linien, die Österreichischen Bundesbahnen, die Deutsche Bahn (DB AG) und die BLS Weichen mit FFU eingebaut. Die Wiener Linien haben im Jahr 2013 im Bereich ihrer Remisen und Werkstätten mehr als 75 Weichen im Schotterbett mit FFU verbaut. 2010 haben die ÖBB im Bereich des neuen Hauptbahnhofes Wien eine doppelte Kreuzungsweiche-DKW mit diesem Werkstoff ausgerüstet und eingebaut. Die DB AG hat im Jahr 2011 die ersten Brückentragwerke mit Brückenhölzern, in 2012 die ersten Weichen und Gleisschwellen in Schotterfahrbahn verbaut (Abb. 4). In Holland wurden im Jahre 2012 drei Brücken mit FFU belegt. In der Schweiz wurden im Jahr 2014 zwei Weichenprojekte und ein Brückenprojekt der BLS sowie zwei Brückenprojekte der Rhätische Bahn (RhB) mit FFU ausgerüstet. NetworkRail in England hat in 2014 zwei Brücken mit Langhölzern mit den Dimensionen b/h/l = 38/38/570 cm und zwei Brücken mit Standard Brückenhölzern belegt. In den USA hat eine private Kohlemine in 2012 eine Brücke mit Kunstholz ausgestattet. Die Achslast liegt hier bei 38 t. Bis 2014 sind weltweit bereits mehr als 1300 km Gleis mit FFU-Kunstholzschwellen belegt worden.

An der Strecke Tokyo – Osaka der Shinkansen-Linie sind sämtliche Weichen und sämtliche Strahlbrücken mit FFU-Kunstholzschwellen ausgerüstet, die Zuggeschwindigkeit beträgt hier 270 km/h und die Zugfrequenz beträgt drei bis fünf Minuten. Die erforderliche Verfügbarkeit der Gleisanlage und die Zuverlässigkeit des Gleiskörpers wie auch das sehr hohe Transportvolumen und die große Zugdichte veranlassten die private japanische Eisenbahn JR zum Einsatz von hochwertigen und langlebigen Materialien. Immerhin beträgt das Personen-Transportvolumen Japans ca. 80 % des europäischen Personen-Transportvolumens, dies jedoch nur auf ca. 10 % des europäischen Streckennetzes.

4 Bearbeitung der Kunstholzschwelle am Projekt

Die Herstellung von Bohrlöchern (Abb. 5) für die Verankerung der Schienenbefestigung, das Schneiden, das Aus-/Abfräsen und das Stemmen erfolgen bei diesem Werkstoff analog zu Holzschwellen mit handelsüblichen Werkzeugen. Hierbei wird der Einsatz von Widea-Werkzeugen bzw. Werkzeugen für die Metallbearbeitung empfohlen. Die Praxis zeigt auch, dass die erfahrenen Mitarbeiter von Bauunternehmen manchmal Motorsägen zum Bearbeiten von FFU analog zur Bearbeitung von Naturholz einsetzen (Abb. 6). Für eine solche Art der Bearbeitung sei auf den raschen Rückgang der „Schärfe“ der Sägekette hingewiesen.

5 Die Einleitung der Untersuchung einer 12 cm-Schwelle

Im Jahre 2008 testete das Prüfamt für Verkehrswegebau der TU München die FFU-Kunstholzschwelle mit einer Bauhöhe ab 16 cm positiv. In 2009 erteilte das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) die Zulassung für die Betriebserprobung. Seit 2011 setzt die DB AG diese Technologie erfolgreich und zufriedenstellend sowohl im Bereich Schotterfahrbahn auf Brücken und an Weichen als auch im Bereich offener Stahltragwerke ein.

Im Zuge der engen Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der Deutschen Bahn zeigte sich, dass es im Schienennetz immer

Abb. 5: Bohren mit Regelwerkzeug vor Ort

Abb. 6: Schneiden mit Kettensäge vor Ort

wieder Zwangspunkte gibt, die sehr kostenintensiven Unterhalt fordern. Dies vor allem in Bereichen, wo die Bauhöhe des Schotters unter den gängigen Schwellen nicht mehr ausreicht bzw. dort, wo Kunstbauwerke über oder unter der Trasse den Lichtraum der Bahn einschränken.
Dies war der Grund, warum FFU-Kunstholz ein weiteres Mal von der TU München untersucht wurde. Dies mit dem Ziel, die geringste Bauhöhe zu finden, welche die bestehenden Normen erfüllt und somit zu einer positiven EBA-Zulassung und einem positiven Einsatz bei den Vollbahnen führt.
2012 wurden in gemeinsamen Gesprächen mit der DB, dem EBA, der TU München und Sekisu die normativen Randbedingungen für die Untersuchung abgestimmt. Somit konnte die TU München in 2012 mit den Untersuchungen beginnen. Diese werden im Folgenden dargestellt.

5.1 Vorgaben Versuch

Im Auftrag der Sekisui Chemical GmbH, mit Sitz in Düsseldorf, sollten Untersuchungen an FFU-Kunstholzschwellen mit den Abmessungen 10 x 26 x 260 cm bzw. 12 x 26 x 260 cm für den Einsatz im Gleisbau durchgeführt werden.
In Rücksprache mit dem deutschen EBA sowie der DB sollten nun folgende Untersuchungen an der Kunstholzschwelle durchgeführt werden:

- Verhalten der Schwelle unter Einwirkung vertikaler und horizontaler Lasten im Scherenhebelschwingversuch (Abb. 7). Auflagerung im Schotterbett in Anlehnung an die DIN EN 13481-3 (Leistungsanforderungen für Befestigungssysteme auf Holzschwellen),

Abb. 7: Scherenhebelschwingversuch in Anlehnung an DIN EN 13481-3

- statische und dynamische Prüfungen der Kunstholzschwelle in Anlehnung an die DIN EN 13230-2 (Abb. 8, 9, 10) sowie
- Ausziehversuche an Schwellenschrauben gemäß DIN EN 13481-2 (Abb. 11).

5.2 Versuchsdurchführung

5.2.1 Scherenhebelschwingversuch gemäß DIN EN 13146-3 (Schwellenhöhe 100 mm)

Der Versuchsaufbau sowie die Durchführung wurden wie in [1] beschrieben durchgeführt. Die Belastungsparameter betrugen: Lasteinleitungswinkel $\alpha = 33°$, dynamische Oberlast $P_{o,v} = 140$ kN, Abfräsmaß der Schiene $X = 15$ mm, Prüffrequenz f = 3 Hz, 3,0 Mio. Lastspiele, RT (23 °C).
Jeder Stützpunkt bestand aus folgenden Schienenbefestigungskomponenten:

- eine Rippenplatte RPBH28SW11,
- vier Schwellenschrauben mit der Bezeichnung „NZ 5.6 10“,
- vier Federringe Fe 6,
- zwei Spannklemmen Skl 12,
- zwei Unterlegscheiben Uls 6,

Kunstholzschwelle (h = 100 mm) nach Dauerversuch	Elastische Schienenkopfauslenkung		Plastische Schienenkopfauslenkung	
	Stützpunkt 1	Stützpunkt 2	Stützpunkt 1	Stützpunkt 2
3 Millionen Lastspiele	1,60 mm	1,60 mm	0,45 mm	0,15 mm

Tab. 1: Gegenüberstellung elastische/plastische Schienenkopfauslenkung für Schwellenhöhe 100 mm und 160 mm

Abb. 8: Ermüdungsprüfung (Dauerversuch) unter dem Schienenauflager

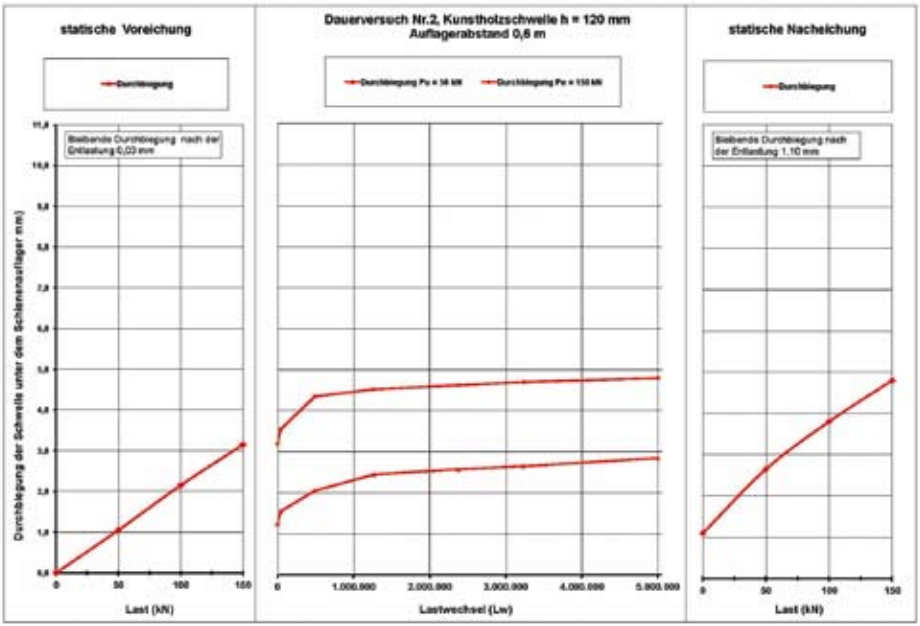

Abb. 9: Last-Durchbiegungslinie im Dauerversuch unter dem Schienenauflager

Abb. 10: Dauerversuch in Schwellenmitte

- zwei Hakenschrauben Hs 32-5.6 mit Muttern und
- eine Zwischenlage PM08 EVA.

Die Auslenkungen der Schiene gegenüber der Schwelle nach 3 Mio. Lastspielen sind Tab. 1 zu entnehmen. Hier sind keine Vorgaben in den Normen DIN EN 13481-3 und 13146-4 definiert. Die Verformungen wurden mit Messuhren nach Bild 5 der DIN EN 13146-4 ermittelt.

Abb. 11: Ausziehversuch gemäß DIN EN 13481-2, Anhang A

Nach den uns vorliegenden Erfahrungen liegen die o. a. Werte im zulässigen Bereich. Es wurden vergleichbare oder geringere Verformungen als im Forschungsbericht 2466 (FFU mit h = 160 mm) aus 2008 festgestellt.

Zusätzlich wurde die horizontale sowie vertikale Bewegung der Rippenplatte (außen) registriert. Nach 3 Mio. Lastwechseln wurde eine maximale elastische Einsenkung von 0,23 mm sowie eine maximale bleibende Einsenkung von 0,18 mm unter der Rippenplatte registriert. Die horizontale Verschiebung (elastisch und bleibend) der Rippenplatten betrug im Mittel ca. 0,6 mm.

Anschließend wurde die Schwelle aus dem Schotter ausgebaut und augenscheinlich untersucht. Es wurden nur leichte Druckstellen an der Unterseite registriert.

5.2.2 Statische Prüfungen in Schwellenmitte (Schwellenhöhe 100 mm bzw. 120 mm)

Um das Verhalten der Schwelle unter Biegebeanspruchung zu untersuchen, wurden

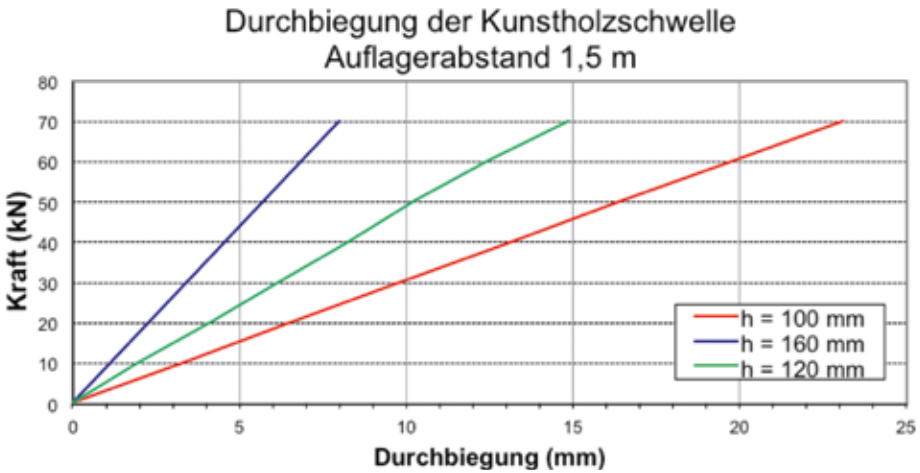

Abb. 12: Kraft-Verformungslinie für Bauhöhen: 100 mm, 120 mm, 160 mm

statische Versuche in Schwellenmitte in Anlehnung an die DIN EN 13230-2 durchgeführt.

Die Versuche erfolgten an Schwellen mit 100 mm und 120 mm Höhe. Der Auflagerabstand betrug 1,5 m, die Breite der Lastplatte 100 mm. Die anfängliche Prüfkraft lag bei 10 kN. Anschließend wurde die Last in Stufen von 10 kN gesteigert, wobei die Durchbiegung der Schwelle mit vier Messuhren registriert wurde. In Abb. 12 ist die Durchbiegung der Schwellen bis zu einer Last von 70 kN, entsprechend einem Moment von 24,5 kNm, dargestellt. Auf Basis der gemessenen Durchbiegung wurde der E-Modul ermittelt.

Der E-Modul der Kunststoffschwelle mit der Höhe 100 / 120 / 160 mm beträgt bei Biegebeanspruchung ca. 9800 / 8800 / 7000 N/mm². Bei 70 kN beträgt die Durchbiegung der Schwelle mit 100 mm Bauhöhe 23 mm und ist somit um den Faktor 3 größer als bei der Schwelle mit 160 mm Bauhöhe.

Bei 70 kN liegt die Durchbiegung der Schwelle mit 120 mm Bauhöhe bei 15 mm. Dies führte dazu, dass im Weiteren statische und dynamische Versuche nur für Schwellen mit einer Bauhöhe von 120 mm durchgeführt wurden.

5.2.3 Ermüdungsprüfung in Schwellenmitte (Schwellenhöhe 120 mm)

Um das Verhalten der Kunstholzschwelle (Höhe 120 mm) unter wiederholter Belastung zu untersuchen, wurde ein Ermüdungsversuch mit 2,0 Mio. Lastspielen in Schwellenmitte in Anlehnung an die DIN EN 13230-4 durchgeführt. Während des gesamten Versuchs wurde die Durchbiegung der Schwelle im Bereich des maximalen Momentes registriert. Der Auflagerabstand bei der Prüfung betrug 1,5 m, die Lasteinleitung erfolgte gemäß der DIN EN 13230-4 über eine 100 mm breite Gelenkstütze. Die Last wurde zunächst bis 65 kN aufgebracht. Anschließend erfolgte der Ermüdungsversuch mit folgenden Randbedingungen: Oberlast P_o = 65 kN, Unterlast P_u = 17 kN, Frequenz f = 3 Hz.

Mit der o. a. Last wurde ein Moment von 23 kNm erzeugt. Dieses Moment entspricht einer Achslast von 250 kN und einer Zuggeschwindigkeit v ≥ 200 km/h. Während der Ermüdungsprüfung mit 2,0 Mio. Lastspielen konnte keine Beschädigung an der

Schwelle festgestellt werden. Die elastische Durchbiegung nach 2,0 Mio. Lastspielen war nur um 0,25 mm größer als zu Versuchsbeginn. Weiterhin war erkennbar, dass während des gesamten Dauerversuchs die Verformungen nahezu konstant verliefen, d. h. es traten keine Ermüdungserscheinungen auf.

5.2.4 Ermüdungsprüfung unter dem Schienenauflager (Schwellenhöhe 120 mm)

Mit dem Ermüdungsversuch unter dem Schienenauflager (Druckbeanspruchung) soll untersucht werden, wie sich die Schwelle unter hoher dynamischer Pressung verhält. Die Ermüdungsprüfung wurde an drei Schwellen durchgeführt.
Die Ermüdungs-Druckprüfung unter dem Schienenauflager erfolgte in Anlehnung an die DIN EN 13230-2 (Spannbetonschwellen). Gemäß der angegebenen Norm wurde ein Auflagerabstand von 600 mm gewählt.
Im ersten Dauerversuch erfolgte die Lasteinleitung über eine Rippenplatte mit den Abmessungen 160 mm x 370 mm. Da es in der Schwelle keine Schraubenlöcher gab, wurde die Rippenplatte im Bereich des Schienenauflagers nur aufgelegt und somit zur Schwelle nicht verspannt. Für den Dauerversuch wurde eine Last von 150 kN gewählt. Diese entspricht einer Achslast von 250 kN und einer Zuggeschwindigkeit V < 200 km/h. Vor dem Dauerversuch wurde eine statische Last von 1,2 x 150 kN = 180 kN aufgebracht. Nach dem Dauerversuch wurde die statische Last auf 2 x 150 kN = 300 kN erhöht. Es wurden folgende Randbedingungen gewählt:
Oberlast P_o = 150 kN, Unterlast P_u = 50 kN, Frequenz = 3 Hz.
Zu Beginn des Dauerversuchs wurde eine Durchbiegung der Schwelle von ca. 3 mm registriert, die nach 2 Mio. Lastspielen auf ca. 4 mm anwuchs und somit ca. um den Faktor 2 größer war als bei der Schwelle mit Bauhöhe 160 mm.

Während der Ermüdungsprüfung mit 2 Mio. Lastspielen konnten keine Beschädigungen an der Schwelle festgestellt werden. Anschließend wurde die Rippenplatte ausgebaut. An der Oberseite der Schwelle (unter der Rippenplatte) wurden plastische Verformungen der Oberfläche von ca. 0,85 mm registriert. Darüber hinaus konnte keine Schädigung festgestellt werden.
Unter Verwendung der Rippenplatte Rph 1 mit den Abmessungen 160 mm x 345 mm wurde die Ermüdungsprüfung unter dem Schienenauflager an zwei weiteren Schwellen (Höhe 120 mm) durchgeführt. Zusätzlich wurde eine Zwischenplatte aus Kunststoff mit einer Dicke von 0,5 mm unter der Rippenplatte eingebaut. Die erste Schwelle wurde mit 5,0 Mio. Lastspielen und die zweite Schwelle mit 2,0 Mio. Lastspielen belastet. Die Oberlast blieb mit P_o = 150 kN unverändert, die Unterlast P_u betrug 50 kN. Unter einer Last von 150 kN wurde eine Durchbiegung von 4,8 mm (Schwelle Nr. 2, 5,0 Mio. Lw) bzw. von 4,2 mm (Schwelle Nr. 3, 2,0 Mio. Lw) registriert. Mit Ausnahme von plastischen Verformungen unter den Schienenauflagern konnten an den Schwellen keine Beschädigungen festgestellt werden.

5.2.5 Ausziehversuche (Schwellenhöhe 120 mm)

Bei den Ausziehversuchen wird eine zentrische Zugkraft in die Schwellenschrauben eingeleitet und durch eine zwischengeschaltene Druckmessdose registriert. Die Versuche wurden in Anlehnung an die EN 13481-2, Anhang A an zwölf Schwellenschrauben Ss 8-140 und Kunstholzschwellen mit einer Höhe von 120 mm durchgeführt. Nach Angaben von Sekisui liegt der empfohlene Durchmesser der Bohrlöcher für diese bei 19 mm. Um die Auswirkung eines größeren Durchmessers auf die Ausziehkraft zu untersuchen, wurden am Prüfamt für Verkehrswegebau zusätzlich acht weitere Bohrlöcher mit

Durchmesser 20 mm mit Hilfe von Holz- und Stahlbohrern erzeugt. Die Last wurde kontinuierlich bis zum Auszug der Schraube gesteigert.
Demnach liegt bei der Schwellenschraube Ss 8-140 eine Ausziehkraft von i.M. 57 kN (Standardbohrlochdurchmesser 19 mm) bzw. von i.M. 51 kN (Bohrlochdurchmesser 20 mm) vor (Tab. 2). Bei früheren Ausziehversuchen an Schwellenschrauben aus Holzschwellen wurden Ausziehkräfte von ca. 35 kN erreicht (siehe [2]).

Schwellenschraube Ss8, Bohrlochdurchmesser 19 mm	
Bohrloch Nr.	max. Ausziehkraft [kN]
1	55,0
2	59,7
3	54,5
4	58,1
Mittelwert	56,8
Schwellenschraube Ss8, Bohrlochdurchmesser 20 mm, Stahlbohrer	
1	53,0
2	56,6
3	49,4
4	51,9
Mittelwert	52,7
Schwellenschraube Ss8, Bohrlochdurchmesser 20 mm, Holzbohrer	
1	44,6
2	51,6
3	48,2
4	53,9
Mittelwert	49,6

Tab. 2: Ausziehkraft Schwellenschrauben

6 Anwendungen FFU 10 bis 12 cm Bauhöhe

6.1 Bauhöhe 10 cm

In Europa bauen die Wiener Linien laufend Schwellen aus FFU mit einer Bauhöhe von 10 cm und teilweise Längen von nur 201 cm ein. Es wurde zum Beispiel der bestehende Oberbau der Fahrbahn der Straßenbahn Linie 31 über die Donau, auf der Floridsdorferbrücke, mit neuen FFU-Schwellen, Bauhöhe 10 cm, mit direkter Befestigung eingebaut. Hier wurden in Summe 1600 m Gleis mit FFU errichtet. In den Bereichen, wo die Wiener Linien Feste Fahrbahn als Oberbauform haben und Polyurethanschwellen (VAE) einsetzten, werden diese im Zuge der Erhaltungsarbeiten sukzessive durch 10 cm hohe Kunstholzschwellen ausgetauscht. Dies auf den U-Bahnlinien U1 und U4 sowohl im Bereich der freien Strecken als auch im Bereich der Tunnelanlage mit schweren Massefedersystemen (Abb. 13). Die Polyurethanschwellen, welche in den 1970er Jahren in Gummischuh in der Festen Fahrbahn eingesetzt wurden, werden ausgebaut und die FFU-Schwellen werden mit einem neuen Gummischuh verbunden und anschließend eingebaut. So wurden bis 2014 bereits um die 5000 Schwellen mit niedriger Bauhöhe verbaut. Im Bereich der Befestigungspunkte der Stromschiene kommt FFU durch seine Bearbeitbarkeitsvorteile, des Bohrens der Löcher vor Ort wie bei Holzschwellen, bevorzugt zum Einsatz.
In Deutschland baute die Bochum Gelsenkirchener Straßenbahnen AG im Jahre 2012 eine Weiche mit 10 cm hohen Kunstholzschwellen in Schotterfahrbahn ein.

6.2 Bauhöhe 12 cm

Die Südostbayern Bahn hat diese an Überführungen von Güterwegen und Straßen eingebaut. Im Bereich Hannover wurden die Schwellen mit einer Bauhöhe von 12 cm auf einer Trasse mit 100 000 Lasttonnen je Tag eingesetzt und nach 1,5 Jahren wurde schriftlich von der DB AG festgestellt, dass die Schwellen die Erwartungen und die Anforderungen der DB AG vollkommen erfüllen.

Abb. 13: Bauhöhe 10 cm, Tunnel U1 Stephansplatz, Wiener Linien 2009

In der Schweiz wurden die ersten 12 cm hohen Schwellen von der Rhätischen Bahn an einer Feldwegüberführung in La Punte im Jahr 2014 eingebaut. Die Situation der geringen Schotterbetthöhe wurde hierdurch zum wirtschaftlichen Vorteil des Betreibers abgeändert. Die geplante Anhebung der Gradiente musste nicht durchgeführt werden. Die Gleiserhaltungsarbeiten können jetzt maschinell und somit wirtschaftlicher durchgeführt werden.

7 Zusammenfassung

FFU-Kunstholz wurde 1980 entwickelt und ist seit 1985 als Standardschwelle bei den Japanischen Eisenbahnen im Einsatz. 2004 wurde das erste Projekt in Europa mit FFU ausgerüstet. 2009 erteilte das EBA die Zulassung zur Betriebserprobung am deutschen Infrastrukturnetz. 2011 hat die DB AG das erste Projekt umgesetzt. 2012 folgte Holland, 2014 die Schweiz, England und Ungarn.

Nach Rücksprache mit dem deutschen EBA und der DB AG wurden durch die TU München folgende Untersuchungen durchgeführt:

1. Verhalten der Schwelle unter Einwirkung vertikaler und horizontaler Lasten im Scherenhebelschwingversuch: Auflagerung im Schotterbett in Anlehnung an die DIN EN 13481-3 (Leistungsanforderungen für Befestigungssysteme auf Holzschwellen),
2. statische und dynamische Prüfungen der Kunstholzschwelle in Anlehnung an die DIN EN 13230-2 und
3. Ausziehversuche an Schwellenschrauben gemäß DIN EN 13481-2.

Im Dauerschwellversuch (Scherenhebelschwingversuch) wurden keine Schäden

Abb. 14: Vergleich Naturholz – FFU-Kunstholz, DB AG, Minden 2013

an Schwelle (Höhe 100 mm) und Befestigung festgestellt.
Die statischen und dynamischen Versuche wurden in Schwellenmitte und unter dem Schienenauflager durchgeführt. Anhand der gemessenen Verformungen unter Maximallast ist es empfehlenswert, für Achslasten von 22,5 t (Vollbahn) und Zuggeschwindigkeiten V < 200 km/h Kunstholzschwellen mit einer Höhe ≥ 120 mm im Gleis einzubauen. Mit Ausnahme von plastischen Verformungen an der Schwellenoberseite konnten in vier durchgeführten Ermüdungsprüfungen (eine in Schwellenmitte, drei unter dem Schienenauflager) keine Schäden an den Kunstholzschwellen (Höhe 120 mm) festgestellt werden.
Mit einer Ausziehkraft von i. M. 57 kN (Bohrdurchmesser 19 mm) bzw. 51 kN (Bohrdurchmesser 20 mm) der Schwellenschraube Ss 8-140 in Kombination mit der 120 mm hohen Kunstholzschwelle wurde ein höherer Wert als bei früheren Versuchen an Holzschwellen (35 kN) registriert (Abb. 14). Schwellen mit einer Bauhöhe von 12 cm bieten dem Betreiber die Optimierung der Schotterhöhe im Bereich von Zwangspunkten und hiermit einhergehend die Reduktion der Erhaltungskosten auf ein Minimum.

Quellen

[1] Freudenstein, S.; Maleki, N.; Simon, C.: Forschungsbericht Nr. 2466 des Prüfamtes für Verkehrswegebau der TU München vom 19.09.2008, nicht veröffentlicht

[2] Leykauf, G.; Maleki, N.: Forschungsbericht Nr. 1687 des Prüfamtes für Verkehrswegebau der TU München vom 30.06.1997, nicht veröffentlicht

[3] Forschungsbericht Nr. 3017 des Prüfamtes für Verkehrswegebau der TU München vom 08.07.2013, Untersuchungen an FFU-Kunstholzschwellen mit 100 mm bzw. 120 mm Höhe