



SEKISUI

# FFU™ Kunstholz

Funktioniert. Einfach. Sicher.



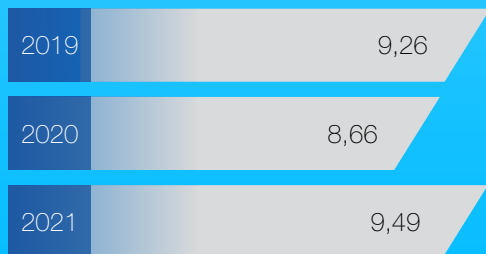
BAHNTECHNIK

State  
of the Art



## Jahresumsatz SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.

[Milliarden EURO]

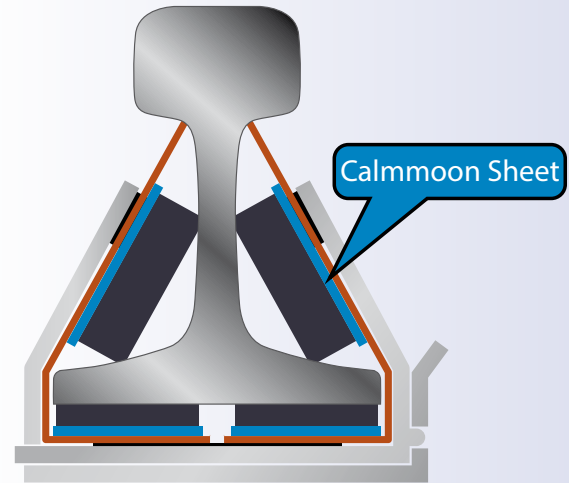


Wechselkurs - 1 Euro = 122 Yen

Die SEKISUI CHEMICAL Gruppe gehört seit über 75 Jahren zu den führenden Herstellern von Kunststoffherzeugnissen.

SEKISUI CHEMICAL ist weltweit mit über 200 Tochtergesellschaften vertreten und erwirtschaftet mit ca. 26.500 Mitarbeitern einen Gesamtumsatz von ca. 9,5 Mrd Euro (Stand 2021).

SEKISUI CHEMICAL besitzt umfangreiche Erfahrungen in der Polymertechnologie und entwickelt stetig innovative Produkte.



# SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.

SEKISUI CHEMICAL ist in drei Hauptgeschäftsbereiche gegliedert. Im Segment „Housing“ werden jedes Jahr weit über 10.000 Fertighäuser für den japanischen Markt in einem qualitativ hochstehenden Ausstattungsniveau erstellt. Sämtliche Häuser werden individuell an die jeweiligen Kundenbedürfnisse angepasst und erfüllen modernste Standards in der Energieeffizienz.

Das Segment „Hochleistungskunststoffe“ umfasst u.a. Verbund-sicherheitsfolien für Windschutzscheiben und Architekturglas, vernetzte Polyolefinschaumstoffe für den Einsatz im Fahrzeugbau und vielen weiteren Industrieanwendungen. Der Geschäftsbereich Medizintechnik bietet ein weitreichendes Sortiment an Pharmazeutika, Diagnostika und medizinischen Geräten. Weitere Geschäftsbereiche in diesem Segment bilden Feinchemikalien, Spezialchemikalien sowie industrielle Klebebänder und -folien.

Das Segment „Öffentliche Infrastruktur und Umwelttechnik“ befasst sich vornehmlich mit der Erstellung umweltgerechter Technologien zur Rohrsanierung und produziert sehr erfolgreich weit dimensionierte Rohrleitungen aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Abgerundet wird dieser Bereich durch ein umfangreiches Sortiment an industriellen Rohrleitungssystemen, Bauprodukten sowie durch das Segment Bahntechnik.



- 1980** Feldversuche FFU-Bahnschwellen Brücke Miomonte Fluss und Kanmon Tunnel
- 1985** Untersuchung Testschwellen durch „Railway Technical Research Institut“ (RTRI).  
FFU Kunstholz wird Standardschwelle bei JNR - Japanese National Railways
- 2003** Taiwan | Weichenprojekt
- 2004** Österreich | Erste Brückenprojekte mit FFU Kunstholz in Europa
- 2007** JIS E 1203 Japanischer Industrie Standard wird veröffentlicht
- 2008** Australien | erste Brücken- und Weichenprojekte | 38 t Achslast
- 2011** Deutschland | DB AG | Erstes Brückenprojekt in Vilsbiburg  
Japan | RTRI Test. Test bestätigt 50 Jahre Lebenserwartung.  
USA | erste Brückenprojekte
- 2012** Deutschland | DB AG | zwei Weichenanlagen im Bahnhof Würzburg mit je 70.000  
Indonesien | PT | Brückenprojekt Feldtest  
Holland | ProRail | 3 Brückenprojekte
- 2014** Schweiz | erste Weichen und Brückenprojekte  
Groß Britannien | Network Rail | zwei Brückenprojekte mit Langhölzern b/h/l = 42/38/750 cm  
International | ISO 12856-1
- 2015** Belgien | Infrabel | erstes Brückenprojekt  
Frankreich | Tisseo Toulouse | zwei Weichen in fester Fahrbahn
- 2016** Norwegen | BaneNor | erstes Brückenprojekt  
Groß Britannien | London Underground | erstes Brückenprojekt
- 2017** Frankreich | RATP | Weichen mit FFU 100 für Neubaustrecke M14  
Schweden | SL Brücke in Stockholm  
Deutschland | Endgültige EBA Zulassung ab 10 cm Bauhöhe und bis 230 km/h  
Irland | erstes Brückenprojekt
- 2018** Italien | erstes Brückenprojekt  
USA | New York Metro | Brückenprojekte  
Spanien | erstes Weichenprojekt
- 2019** UK | Network Rail | Newark crossing | Schwellen B/H/L = 700/380/16.000 mm
- 2020** Finnland | FFU als Antivibrationsschwelle
- 2021** Spanien | ADIF Feldversuche Brücke, Weiche, Tunnel  
UK | Network Rail Zulassung Langhölzer Brücke
- 2022** Dänemark | erstes Brückenprojekt

## Zeitschiene FFU™ Bahnschwellen

Im Zuge des Ausbaus des japanischen Eisenbahnnetzes stellte die japanische Staatsbahn JNR - Japanese National Railways – in ihren internen Aufzeichnungen fest, dass ca. 70% der zum damaligen Zeitpunkt verwendeten Holzschwellen aufgrund von Verwitterung regelmäßig ausgetauscht werden mussten. Um ein hochleistungsfähiges Schienennetz im Dauerbetrieb möglichst störungsfrei zu gewährleisten, begann in der Zusammenarbeit mit SEKISUI CHEMICAL CO.LTD. die Entwicklung einer Bahnschwelle aus einem langlebigen, belastbaren und wartungsarmen Kunststoffmaterial, das höchsten Ansprüchen gerecht wird. Bereits im Jahre 1980 installierten die Partner in Feldversuchen die

neu entwickelte FFU Kunstholzschnellen an einem Brückentragwerk sowie in einem Tunnel der Hochgeschwindigkeitsstrecke des Shinkansen. Fünf Jahre später wurden die im Feldversuch erprobten FFU Schnellen teilweise ausgebaut und umfangreich untersucht. Diese Untersuchungen ergaben, dass die FFU Schnellen ein höchst positives Verhalten im Dauerbetrieb zeigten.

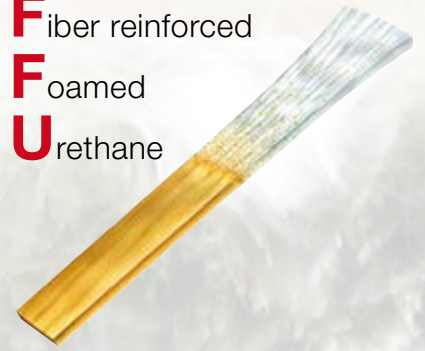
Die Qualität und die Belastbarkeit der geprüften Schnellen unterschieden sich in keiner Art und Weise von neuwertigen Schnellen aus FFU. Daher setzt die JNR FFU Kunstholz bereits seit 1985 äußerst zufriedenstellend als Standardschwelle im Regelbetrieb

ein. 1996 und 2011 wurden von der zuständigen Aufsichtsbehörde, dem „Railway Technical Research Institute [RTRI]“ weitere positive Untersuchungen an FFU Schnellen der Teststrecken aus dem Jahr 1980 durchgeführt.

### Das erfreuliche Ergebnis:

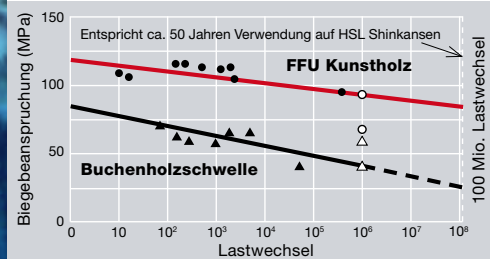
FFU-Schnellen verfügen über eine Lebenserwartung von mehr als 50 Jahren. Dies wurde 2011 an nun bereits 30 Jahre alten FFU Schnellen in einer weiteren Untersuchung des RTRI erneut bestätigt. 2004 startete die Realisierung des ersten Projektes in Europa. Im März 2014 trat die internationale Norm ISO 12856-1 für Bahnschwellen aus Kunststoff in Kraft.

**F**iber reinforced  
**F**oamed  
**U**rethane



**Lebensdauer** mehr als 50 Jahre  
**Spezifisches Gewicht** wie Holz 740 kg/m<sup>3</sup>  
**Bearbeitbarkeit** wie Holzwerkstoff  
**Elektrische Leitfähigkeit** sehr gering  
**Chemische Beständigkeit** sehr hoch  
**Lebenszyklus Kosten** minimal  
**Unterhaltskosten** minimal  
**Maßanfertigung** mm genau  
**Wiederverwertung** bis zu 100%  
**Verfügbarkeit Gleisanlagen** maximal  
**Seit 1980** im täglichen Einsatz  
**Referenz** mehr als 1.800 km Gleis

Zusammenhang  
 Biegebeanspruchung - Lastwechsel



## Technologie FFU™ Kunstholz

Die Produktion von FFU Kunstholz geschieht durch ein Pultrusions-Strangziehverfahren. Hierbei trinkt man endlose Glasfaserstränge mit einem speziellen Polyurethansystem und erzielt einen Verbund der Materialien bei einer erhöhten Temperatur durch Aushärten.

Ein Ziehwerkzeug hält den Herstellungsprozess in Gang und zieht das dadurch erzeugte FFU Kunstholz-Profil aus dem Härtungswerkzeug.

Damit ist eine gleichbleibend hohe Qualität der ISO-zertifizierten Produktion mit konstanten Materialeigenschaften garantiert. Aufgrund des Herstellungsverfahrens sind die FFU Kunstholz Rohlinge porenfrei und können auf beliebige Längen von bis zu 12m produziert werden.

Deshalb bietet FFU im Vergleich zu Naturholz dem Kunden eine weitaus höhere Sicherheit des Materialverhaltens im praktischen Einsatz. Wesentlich bessere technische Kennwerte ermöglichen zusätzlich eine bessere Optimierung des Querschnittes, vor

allem im Bereich von Eisenbahnbrücken ein großer Vorteil.

Aufgrund seiner geschlossenen Zellstruktur nimmt FFU keine Feuchtigkeit auf.

Gegenüber Ölen, Schmiermitteln sowie Verunreinigungen zeigt FFU eine sehr hohe chemische Beständigkeit. Die Unterseite der FFU Kunstholzschwelle verhält sich im Schotterbett analog zur Holzschwelle.

Eigenschaften	Einheit	Buche neu	FFU Kunstholz				Norm	
			neu	10 Jahre	15 Jahre	30 Jahre		
Dichte	[kg/m <sup>3</sup> ]	750	740	740	740	740	JIS Z 2101	
Biegefestigkeit	[kN/cm <sup>2</sup> ]	8	14,2	12,5	13,1	11,7	JIS Z 2101	
Biegemodul	[kN/cm <sup>2</sup> ]	710	810	800	816	816	JIS Z 2101	
Druckfestigkeit	[kN/cm <sup>2</sup> ]	4,0	5,8	6,6	6,3	6,0	JIS Z 2101	
Scherfestigkeit	[kN/cm <sup>2</sup> ]	1,2	1,0	0,95	0,96	0,93	JIS Z 2101	
Härte	[kN/cm <sup>2</sup> ]	1,7	2,8	2,5	2,7	2,4	JIS Z 2101	
Schlag - Biege	+ 20°C	[J/cm <sup>2</sup> ]	20	41	-	-	-	JIS Z 2101
Festigkeit	- 20°C	[J/cm <sup>2</sup> ]	8	41	-	-	-	JIS Z 2101
Wasseraufnahme		[mg/cm <sup>2</sup> ]	137	3,3	-	-	-	JIS Z 2101
Elektrischer Isolierwiderstand	trocken	[Ω]	6,6x10 <sup>7</sup>	1,6x10 <sup>13</sup>	2,1x10 <sup>12</sup>	3,6x10 <sup>12</sup>	8,2x10 <sup>11</sup>	JIS K 6852
	nass	[Ω]	5,9x10 <sup>4</sup>	1,4x10 <sup>9</sup>	5,9x10 <sup>10</sup>	1,9x10 <sup>9</sup>	-	JIS K 6852
Ausziehkraft Schienen Nagel		[kN]	25	28	28	23	22	RTRI
Ausziehkraft Schwellenschraube		[kN]	43	65	-	-	-	RTRI

## Technische Kennwerte

Im Zuge diverser Zulassungsverfahren für FFU Kunstholz wurden seit 1985 sehr umfangreiche Untersuchungen des Materials durchgeführt.

2008 nahm die TU München die materialtechnische Untersuchung für Schwellen mit 16 cm Bauhöhe vor. Auf Basis der gültigen Europäischen Normierung wurde FFU geprüft.

Die getesteten FFU Kunstholzschnellen mussten teilweise die Anforderungen erfüllen, die an Betonschnellen gestellt werden.

Der Bericht der TU München fiel in allen Bereichen äußerst positiv für FFU aus. Das Eisenbahn Bundesamt erteilte 2009 auf Basis dieser guten Ergebnisse die Zulassung zur Betriebserprobung für den sicheren Einsatz von Bahnschnellen aus FFU Kunstholz auf der Schieneninfrastruktur Deutschlands.

- Scherenhebelschwingversuch
- Zugkraft in der Schwellenschraube
- Ausziehversuch Schwellenschraube
- Schlagversuch
- Elektrischer Widerstand
- Statische Prüfung in Schnellenmitte
- Ermüdungsprüfung Schnellenmitte

- Statischer Druckversuch
- Statische Durchbiegung bei tiefer Temperatur  
R = RT und R = - 10°C

Der Ausziehversuch Schwellenschrauben ergab im Mittel eine Ausziehkraft von 61 kN.

Der Schlagversuch, der eine Entgleisung simulieren soll, erfolgte durch eine schlagartige Belastung mit einem 500 kg schweren Fallkörper.

Die FFU Schwelle blieb auch nach dieser Entgleisungssimulation formstabil und garantiert somit bei einer Entgleisung die Aufrechterhaltung der Spurweite.

Bei der statischen Prüfung in der Schwellenmitte wurde ohne Schäden an der FFU Schwelle eine Kraft von 240 kN abgeleitet. Die Holzschwelle versagte bereits bei 80 kN durch Bruch der selbigen.

Die Ermüdungsprüfung erfolgte unter außerordentlich kritischen Prüfbedingungen in der Schwellenmitte und zeigte nach 2,5 Millionen Lastspielen bei der elastischen Durchbiegung nur eine sehr geringe Veränderung von 0,4 mm. Es traten keine erkennbaren Ermüdungserscheinungen auf.

Die Ermüdungsprüfung unter dem Schwellenaufleger bei ungünstigsten Bedingungen, wie schlechter

Gleislage, geringer lastverteiler Wirkung der Schiene, sowie einer steifen Auflagerung und bei hohen dynamischen Zuschlägen für 250 kN Radsatzkraft, zeigte nach 2 Millionen Lastspielen, dass die FFU Schwelle den Versuch erfolgreich absolvierte, d.h. immer noch ausnahmslos frei von Beschädigungen aller Art war.

## Minus 65° Celsius Test

Im März 2020 führte die Technische Universität von Tampere in Finnland einen statischen Biegeversuch an FFU Kunstholzschwellen bei Raumtemperatur und bei einer FFU

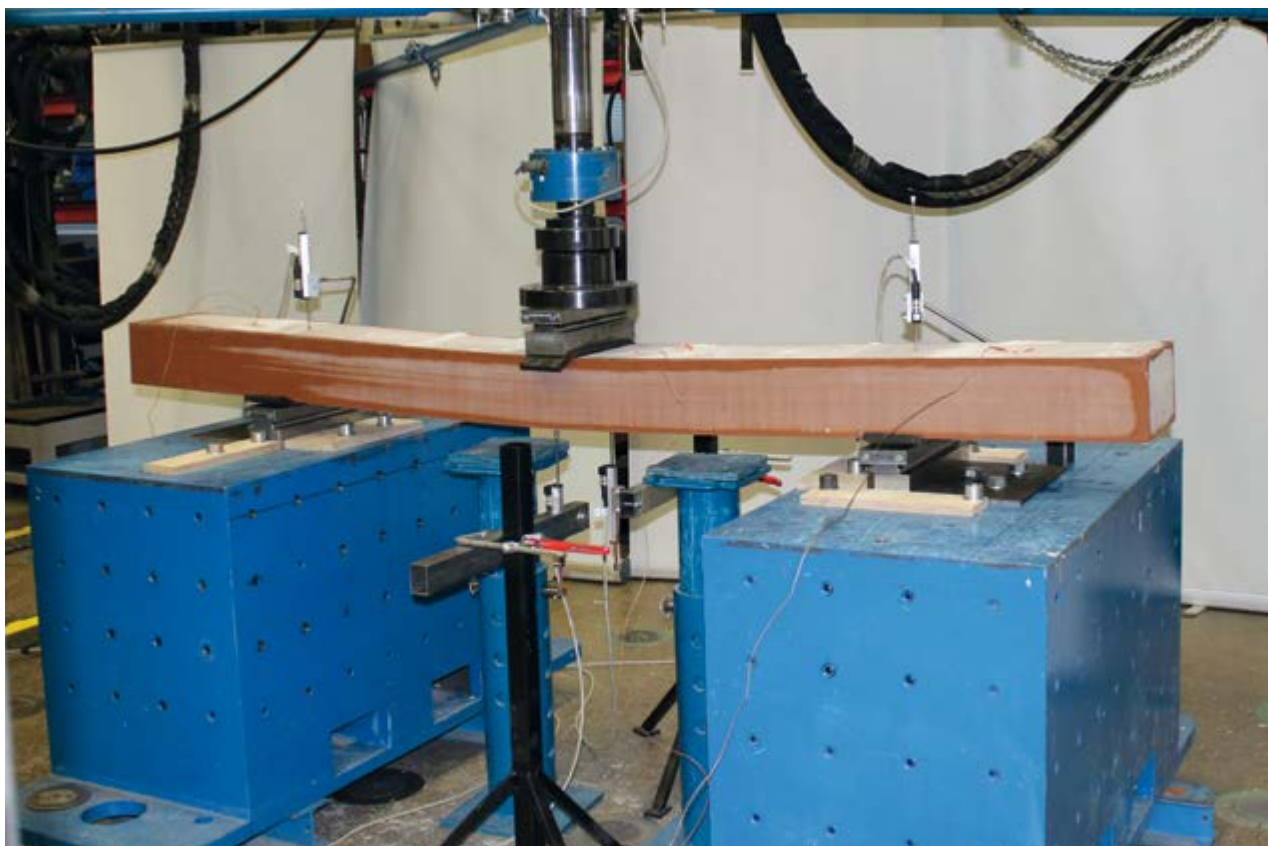
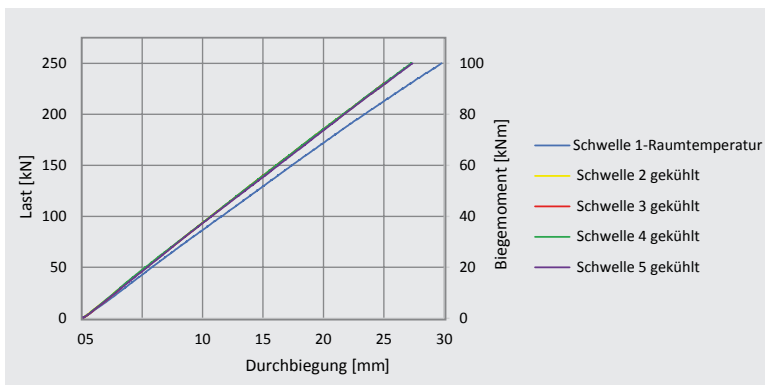
Schwellen Temperatur von bis zu minus 65°C durch.

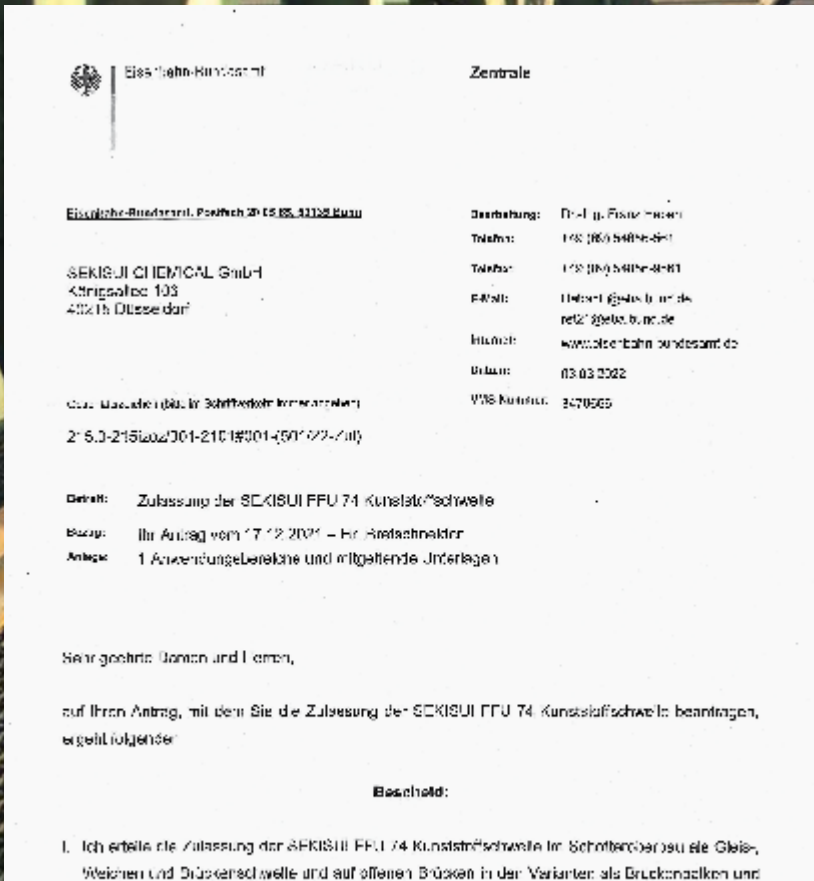
Das Ergebnis war, dass keine Beschädigung der Schwelle bei einer

Spannweite von 1,5 m und einer maximalen Last von 250 kN festgestellt wurde.

Die FFU Schwellen verhalten sich sowohl bei Raumtemperatur als auch bei minus 65 Grad Celsius linear elastisch.

Ergebnis laut der TU Tampere, die Schwelle ist **hervorragend (out-standing)**, da bis dato alle von ihnen getesteten Materialien unter diesen Testbedingungen versagt haben.





# Endgültige Zulassungen FFU™

Am 3.3.2022 verlängerte das Eisenbahn Bundesamt die Zulassung für FFU Kunstholz um weitere 5 Jahre für die Nutzung auf der schienengebundenen Infrastruktur in Deutschland. Dies nachdem die temporäre Zulassung am 8.7.2009 in Kraft getreten war und die Deutsche Bahn im September 2011 das erste Brückenprojekt in Vilsbiburg mit Brückenhölzern aus FFU Kunstholz ausgerüstet hatte. Die Deutsche Bahn weiters im September 2012 zwei Weichen im Schotterbett mit FFU Kunstholz im Bahnhof Würzburg eingebaut hatte. Die Zulassung wird nach unten durch eine 10 cm Gleisschwelle mit einer zugelassenen

Geschwindigkeit bis zu 100 km/h und nach oben durch eine 16 cm hohe Gleisschwelle mit einer zugelassenen Geschwindigkeit bis zu 230 km/h definiert. Für den Einsatz an Brückenprojekten mit offener Stahlstruktur werden minimale Bauhöhen der Schwelle in Abhängigkeit der Exzentrizität Achse Schienen zu Achse Brückenlängsträger definiert.

In der Schweiz hat das Bundesamt für Verkehr im Jahre 2019 ebenfalls die endgültige Zulassung für FFU erteilt. Dies nach der temporären Zulassung im Januar 2014 und den ersten Projekten im Jahre 2014 am Netz der BLS AG und der RhB.

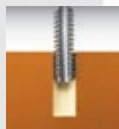
**Tabelle 1: Einsatzgebiete für FFU 74 Kunstholzschnitten**

Schwellenart	Gleisbreite (mm)	Gleisschienenabstände (mm)			Achsenabstände (m)	Gleisschwellenhöhe (mm)	Anwendungsgebiete
		U1	U2	U3			
Gleise	10	26	240	22,5	≤ 100	- Parallelweiche <sup>1)</sup>	
		26	260	22,5	≤ 100	- Endanschlag <sup>2)</sup> - Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
	12	26	240	22,5	≤ 100	- Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
		26	260	22,5	≤ 100	- Parallelweiche <sup>1)</sup> - Endanschlag <sup>2)</sup> - Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
	12	26	260	22,5	≤ 100	- Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
		26	280	22,5	≤ 100	- Endanschlag <sup>2)</sup> - Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
	14	26	240	22,5	≤ 100	- Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
		26	260	22,5	≤ 100	- Einheitsch <sup>4)</sup> - Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
	16	26	240	22,5	≤ 100	- Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
		26	260	22,5	≤ 100	- Einheitsch <sup>4)</sup> - Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
Weichen	15	26	240	22,5	≤ 100	- Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
		26	260	22,5	≤ 100	- Einheitsch <sup>4)</sup> - Tragschwelle <sup>3)</sup> - Einheitsch <sup>4)</sup>	
	17	24	240	22,5	≤ 100	max. Weiche <sup>5)</sup> 20 cm	
		24	260	22,5	≤ 100	max. Weiche <sup>5)</sup> 20 cm	
Eisenbahn-Weichen	19	24	240	22,5	≤ 100	max. Weiche <sup>5)</sup> 25 cm	
		24	260	22,5	≤ 100	max. Weiche <sup>5)</sup> 25 cm	
Eisenbahn-Weichen	19	24	240	22,5	≤ 100	max. Weiche <sup>5)</sup> 25 cm	
		24	260	22,5	≤ 100	max. Weiche <sup>5)</sup> 25 cm	

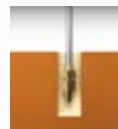




Reparaturmethode nur mit 2- Komponenten Polyesterharz mit Glasfasern - 30 Minuten Aushärtungszeit



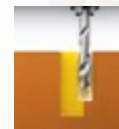
Profilierung



Reinigung Bohrloch



Einbringung Quickfiller

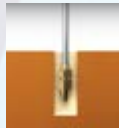


Bohrung neues Loch



Einbringung Schraube

Reparaturmethode mit Dübel aus FFU Kunstholz und Kunstharz - 4h Aushärtungszeit



Reinigung Bohrloch



Einbringung Kunstharz



Verschluss



Bohrung neues Loch



Einbringung Schraube

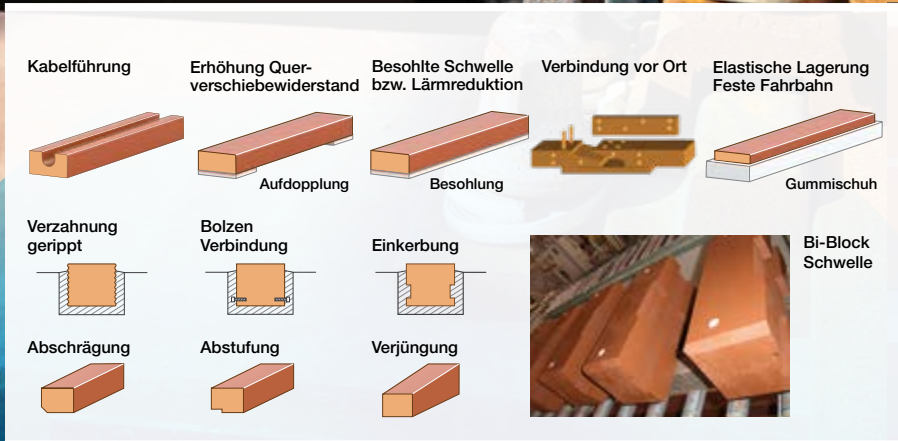
# Reparaturmethode

Sollten aufgrund der Bearbeitung von FFU vor Ort Bohrungen stattgefunden haben, die nicht an der richtigen Stelle erfolgten, oder einen falschen Durchmesser hatten oder aus anderen Gründen fehlerhaft waren, so bietet die FFU Technologie zwei verschiedene Methoden der unmittelbaren Reparatur, die ohne eine Beeinträchtigung der Materialqualität einfach und rasch durchgeführt werden können.

Bei der ersten Methode profiliert man das schadhafte Bohrloch, reinigt es und verfüllt es anschließend mit einem zwei Komponenten

Polyesterharz mit Glasfasern (Quickfiller). Bereits nach einer Aushärtungszeit von nur 30 Minuten kann im reparierten Bohrloch eine um nur wenige Millimeter versetzte Bohrung durchgeführt werden.

Bei der zweiten Methode füllt man nach Säuberung des zu reparierenden Bohrloches Quickfiller ein und setzt anschließend einen Dübel aus FFU Kunstholz ein. Das Aushärten beträgt hier ca. vier Stunden, bevor an der reparierten Stelle ein Bohrloch möglich wird.



# Kunden-Maßanfertigung ab Werk

FFU Kunstholzschnellen können bereits ab Werk entsprechend den Kundenanforderungen millimetergenau angefertigt und geliefert werden.

Dadurch lassen sich

- die Anpassungen am Projekt
- die Zeit der Gleissperre
- die Kosten der Baustellenlogistik
- der Kostenaufwand Vorbereitung

wesentlich minimieren.

Folgende Kundenanfertigungen sind möglich:

- Aufdopplungen Überhöhungen
- Ausfräsungen
- Bohrungen Brückenholz
- Bohrungen Schwellenschrauben
- Ausfräsung der Auflager Träger
- Ausfräsung für Gurtverstärkungen
- Ausfräsung von Nieten
- Besandung der Oberfläche
- Aufdopplung Querverschiebung

Die im Kundenauftrag vorgefertigten FFU Kunstholzer werden gemäß dem Verlegeplan bereits im Werk eindeutig gekennzeichnet.

Der Einbau an der festgelegten Position kann somit sicher ablaufen.

Soll bei einer bestehenden Brückenkonstruktion die Gradienten neu erstellt werden, können die einzelnen Brückenhölzer aus FFU millimetergenau produziert und in den jeweiligen unterschiedlichen Höhen angefertigt werden.



Ausstemmen Aussparung



Bohrloch für Schwellenschraube



Sägen für Aussparung



Ausstemmen Aussparung

## Bearbeitung am Projekt

FFU Kunstholz kann wie Naturholz am Projekt konventionell bearbeitet werden. Mit handelsüblichen Werkzeugen können Bahnschwellen aus FFU gebohrt, gesägt, gefräst und gestemmt werden. Im Vergleich zu Naturholz überzeugt FFU durch eine größere Härte und annähernde Porenfreiheit. Die Standzeit der eingesetzten Werkzeuge lässt sich durch die Verwendung von WIDEA Werkzeugen bzw. Werkzeugen für die Bearbeitung von Stahl optimieren.

Bei der Bearbeitung von FFU am Projekt muss auf die Wärmeentwicklung der Werkzeuge geachtet werden. Mit einer geringen Reduktion der Drehgeschwindigkeit sowie des Vorschubes erreicht man dieses Ziel sehr effizient. Dadurch verhindert man das Aufschmelzen der Glasfasern durch Überhitzung.

In jedem Fall sind die gültigen Arbeitsvorschriften als auch die Verarbeitungsrichtlinie von Sekisui einzuhalten.

Das spezifische Gewicht von FFU 74 Kunstholz beträgt ca.  $740 \text{ kg/m}^3$  und bietet somit für den Transport auf der

Baustelle die gleichen Vorteile wie Naturholz.

Die Formstabilität sowie die bereits im Werk erstellten Ausfräsungen und Aufdopplungen lassen die Arbeit vor Ort exakt, rasch und sicher ablaufen.

Der Arbeitsaufwand und die Zeit der Gleissperren lassen sich optimal organisieren, womit das Gleis dem Fahrbetrieb rasch wieder zur Verfügung steht.



Speziallagerung FFU Kunstholz auf offenem Stahltragwerk



Weichenanlage im Bereich der Hohenzollernbrücke in Köln



SOB | Brücke über Zürichsee



# Eisenbahnbrücken

FFU Kunstholz ist auf Eisenbahnbrücken technisch und wirtschaftlich wie klassisches Brückenholz aus Naturholz einsetzbar. Zudem schafft der Einbau von FFU Kunstholz auf Eisenbahnbrücken einen hohen Zusatznutzen für den Brückenbau durch:

- Extrem hohe Langlebigkeit
- Höchste Witterungsbeständigkeit
- Gleiches Eigengewicht Brücke
- Erhaltung des optischen Erscheinungsbildes
- Konstantes statisches System
- Nachführung der Gradienten
- Homogenität Brückenholz
- Einsatz üblicher Befestigungsmittel

- Einsatz identischer Werkzeuge
- Frei von Insektiziden
- Kurze Gleissperren
- Erhöhung der Sicherheit Bahn
- Formstabilität
- Vollflächige Lagerung auf den Trägern der Brücke
- Homogene Spezial-Querschnitte
- Sehr gute technische Kennwerte
- Hohe Verfügbarkeit Gleis
- Reduktion Erhaltungsaufwand
- Reduktion Erhaltungskosten

LCC TU Graz bestätigt  
Wirtschaftlichkeit





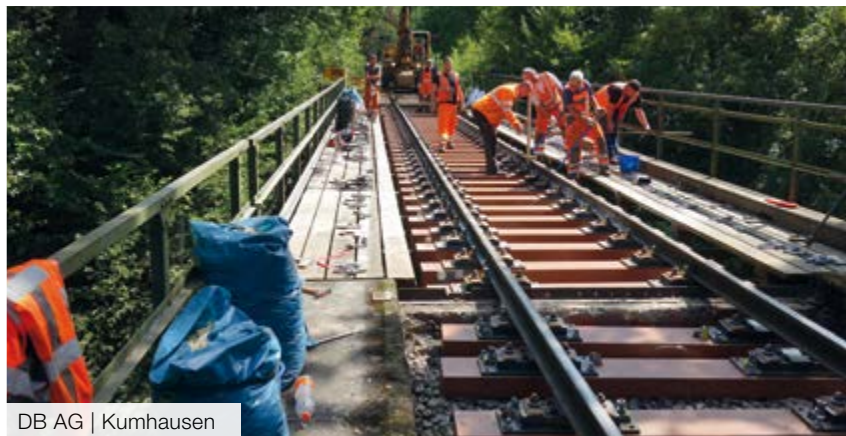
EGS  
35



RhB | Brücke Grosstobel



Wiener Linien | Wien



DB AG | Kumhausen

Der Einbau von FFU Kunstholz erfolgt durch fachmännische Bahnbetriebe und Bauunternehmen exakt, rasch und kompetent.

2022 nutzen bereits eine ansehnliche Anzahl von Bahnbetrieben FFU Kunstholz auf einer Gleislänge von weltweit mehr als 1.800 km.

In Europa erfolgte der Einsatz von FFU Kunstholz im Rahmen von Projekten seit 2004 immer zur absoluten Zufriedenheit der Kunden. Für eine Mehrzahl der Bahnbetriebe stellt die Sicherheit und die maximale Verfügbarkeit der Gleisanlagen ein Primärziel dar.

Typische Instandhaltungsintervalle für Brückentragwerke können zum Beispiel sein:

- Korrosionsschutz nach ca. 30 Jahren
- Schienenwechsel nach ca. 30 Jahren
- Stahlbau nach ca. 50 Jahren
- Wechsel FFU Brückenhölzer nach ca. 50 Jahren

Bei diesen Zielvorgaben muss der Bahnbetreiber erst wieder in 50 Jahren eine längere Gleissperre veranlassen, die zu Störungen im Betriebsablauf führt.



DB AG | Würzburg | 70.000 Lasttonnen je Tag | 2012 eingebaut | bis 2018 Schwelle wartungsfrei



Ruhrbahn | Weichen Essen

# Weichenanlagen

Das ausgezeichnete linear elastische Materialverhalten, die gleiche Bauhöhe wie Holzschwellen, die wesentlich längere Lebensdauer und die große elektrische Isoliereigenschaft, verbunden mit einer hohen chemischen Beständigkeit und die nachgewiesenen sehr geringen laufenden Unterhaltskosten von FFU Kunstholz, sind ausschlaggebend für dessen bevorzugten Einsatz bei Weichen.

FFU Kunstholz überzeugt vor allem bei Weichenanlagen, in denen sich der Betreiber regelmäßig mit einem hohen Kosten- und Erhaltungsaufwand konfrontiert sieht. Darüber hinaus kann FFU Kunstholz in beliebiger Länge produziert werden und bietet somit

bei der Verwendung bei Weichen insgesamt eine Vielzahl von Vorteilen:

- Gute Verzahnung mit Schotter
- Langfristiges elastisches Materialverhalten im Bereich Herzstück
- Spursicherheit nach Entgleisung
- Formstabilität nach Entgleisung
- Langfristige Sicherheit bei der Schienenbefestigung
- Ausgezeichnete Witterungsbeständigkeit
- Keine Wasseraufnahme
- Sehr gute chemische Beständigkeit
- Keine Beeinflussung durch Betriebsfette
- Keine Umweltbelastung durch chemische Imprägnierung
- Rasche Reparaturmethoden
- Aufdopplungen / Erhöhung Querverschiebewiderstand
- Einsatz üblicher Befestigungsmittel
- Einsatz von Standardwerkzeugen
- Kurze Gleissperren
- Erhöhung der Sicherheit Bahn
- Sehr gute technische Kennwerte
- Hohe Verfügbarkeit Weichenanlage
- Hoher elektrischer Widerstand / Isolierung
- Halber Wärmeausdehnungskoeffizient von Beton und Stahl





Aufgrund der vielen Vorteile wird FFU Kunstholz für Weichenanlagen im Schotterbett sowie im System der Festen Fahrbahn bevorzugt verwendet, wobei hier der Einsatz von FFU zumeist in einem Gummi-schuh erfolgt.

Weichenanlagen mit FFU Kunstholz haben ein zum Werkstoff Holz vergleichbares Gewicht von ca.  $740 \text{ kg/m}^3$  und bieten enorme Vorteile bei der Transport- und Einbaulogistik.

Ein bereits vorhandener Unterbau für Holzschwellen, kann mit FFU Kunstholz unverändert genutzt werden.

Auf langjährigen Erfahrungen basierend zeigt FFU Kunstholz hinsichtlich des elastischen Verhaltens des Gleiskörpers im Bereich der Weichenanlage die gleichen Vorteile wie vormals ein Holzwerkstoff.

Im Bereich des Herzstückes und der Anschlüsse an die Bestandsgleise zeigt FFU im Vergleich zu Holz

jedoch wesentlich besseres elastisches Materialverhalten und ermöglicht somit einen wesentlich harmonischeren Radablauf auf den Schienen und dem Oberbau. Dies führt wiederum zur maximalen Reduktion der laufenden Kosten Betrieb.

Die Deutsche Bahn hat eine vergleichende Untersuchung von Weichen auf Betonschwellen und Weichen auf FFU Kunstholzschnellen im Zuge einer Bachelorarbeit durchgeführt.



Die Ergebnisse zeigten, dass nach 6 Jahren Betrieb an den Weichen mit FFU Kunstholz keine Instandhaltungsarbeiten erforderlich waren. Im Jahre 2022 wurde eine vertiefende Masterarbeit hierzu abgeschlossen. Bei dieser wurden die untersuchten Weichen von 2018 nochmals betrachtet und eine Weiche auf Holzschwellen in die Untersuchung aufgenommen.

Der Vergleich ist in der Tabelle auf Seite 19 zu sehen.

Hieraus lässt sich schließen, dass die Investition in den Schwellensatz aus Beton im Vergleich zu jenem aus FFU Kunstholz halb so hoch ausfällt.

Der Aufwand für den Betrieb der Weiche bei dem Schwellensatz aus Beton einen Faktor 7,5 und bei FFU Kunstholz einen Faktor von 1 aufweist.

Zusammenfassend zeigt die Tabelle, dass der Kostenfaktor nach 11 Jahren Nutzung Schwellensatz Beton bei 8,5 und nach 9 Jahren

Nutzung Schwellensatz FFU bei 3 Jahren liegt.

So berichten Mitarbeiter der Deutschen Bahn, dass die von Ihnen eingesetzten Weichen mit FFU Kunstholzschielen nach 6 Jahren wie am „Tag nach dem Einbau“ im Schotterbett liegen, sich die Schwellen im Herzbereich elastisch verhalten und somit noch immer in der richtigen Position sind. Der Übergang der Fahrbahn von FFU Kunstholzschielen auf Betonschielen völlig störungsfrei ist.



BLS AG | Bogenweiche in Aeflingen



DB AG | Verschiebebahnhof Nürnberg

Material Schwelle	Holz	Beton	FFU 74
Weichentyp	ABW-54-500-1:12-r-Fz-H	EW54-500-1:12-l-Fz-B	EW-54-500-1:12-l-Fz-K
Jahr der Installation	6/1995	7/2010	9/2012
Jahr der Untersuchung	2021	2021	2021
Unterhaltszeitraum	26	11	9
Lasttonnen je Tag	45,000	55,000	37,000
Entwurfsgeschwindigkeit	80 km/h	60 km/h	60 km/h
Abzweigungsgeschwindigkeit	60 km/h	40 km/h	60 km/h
Züge je Tag	114	88	90
Größenordnung Investment Weiche ohne Schwellensatz (relativ)	10	10	10
Investition Schwellensatz (relativ)	1	1	2
<b>Unterhaltskosten Weiche (relativ)</b>	<b>4</b>	<b>7.5</b>	<b>1</b>



Ermüdungsprüfung unter dem Schienenaufleger



Scherenhebelschwingversuch



Schwellenschraube Ss-8 – Durchmesser 24 mm	
Bohrlochdurchmesser /Bohrer	Ausziehkraft [kN]
19 mm / Stahlbohrer	56.8
20 mm / Stahlbohrer	52.7
20 mm / Holzbohrer	49.6

Kunstholzschwelle (h=100mm) 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

## FFU™ Flachschwelle | Technische Kennwerte

Mit 12 cm Bauhöhe wurde im Herbst 2013 vom Prüfamt für Verkehrswegebau der TU München die dünnste „Kunststoffverbundschwelle“ der Welt (Stand 2013) für die Vollbahn (22,5t), mit  $v < 200$  km/h, positiv getestet.

Die endgültige Zulassung des EBA für FFU Kunstholz im Jahre 2017 hat den Wert der dünnsten Kunstholzschwelle für den praktischen Einsatz mit 10 cm Bauhöhe neu definiert. Dies nach 6 Jahren positivem Feldtest.

Die Untersuchungen wurden an FFU Kunstholzschwellen mit den Abmessungen 10 x 26 x 260 cm (Nahverkehr) bzw. 12 x 26 x 260 cm (Vollbahnen) durchgeführt. In Rücksprache mit dem deutschen EBA (Eisenbahn Bundesamt) sowie der DB AG sollten nun folgende Untersuchungen an der Kunstholzschwelle erfolgen:

1. Verhalten der Schwelle unter Einwirkung vertikaler und horizontaler Lasten im Scherenhebelschwingversuch. Auflagerung im Schotterbett in Anlehnung an die DIN EN 13481-3.

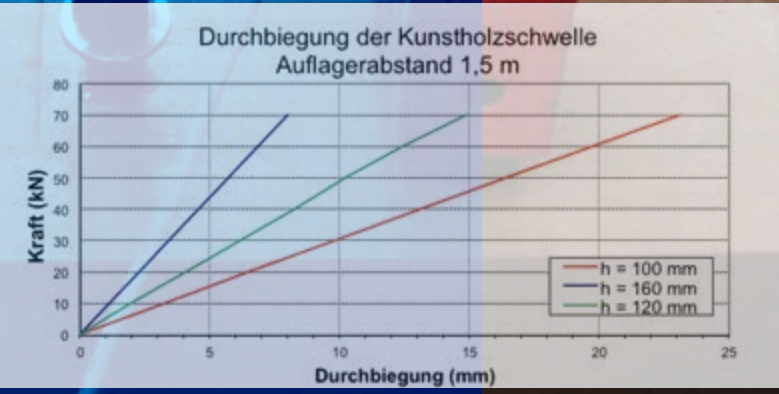
2. Statische und dynamische Prüfungen der Kunstholzschwelle in Anlehnung an die DIN EN 13230-2.  
3. Ausziehversuche an Schwellenschrauben gemäß DIN EN 13481-2.

Beim Scherenhebelschwingversuch wurde nach 3,0 Mio. Lastwechseln 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.



Um das Verhalten der Schwelle unter Biegebeanspruchung zu untersuchen, wurden statische Versuche in Schwellenmitte in Anlehnung an die DIN EN 13230-2 durchgeführt. Der Auflagerabstand betrug 1,5 m, die Breite der Lastplatte 100 mm.

Bei 70 kN liegt die Durchbiegung der Schwelle mit 120 mm Bauhöhe bei 15 mm.





Stopfen Flachschwelle mit Stopfzug



Wiener Linien | FFU Kunstholzschwelle in Tunnel in Gummischuh gelagert



Schweiz | RhB Brückenprojekt in Tavanasa

## Gleisschwellen | Weichenschwellen

Das Eisenbahn Bundesamt in Deutschland erteilte 2017, das Bundesamt für Verkehr folgte 2019 mit der endgültigen Zulassung in der Schweiz von FFU am Netz der Deutschen bzw. Schweizer Eisenbahnen.

Im Zuge der engen Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der Deutschen Bahn zeigte sich, dass es im Schienennetz immer wieder Zwangspunkte gibt, die einen sehr kostenintensiven Unterhalt erfordern. Dies vor allem in Bereichen, wo die Bauhöhe des Schotter unter den gängigen Schwellen nicht mehr ausreicht bzw. dort, wo Kunstbauwerke über oder unter der Trasse den Lichtraum der Bahn einschränken.

Selbst bei hochbelasteten Strecken mit bis zu 100.000 Lasttonnen je Tag hat sich die FFU Flachschwelle bereits bewährt.

### Anwendungen FFU 10 cm und 12 cm Bauhöhe

#### 10 cm Bauhöhe

Die Wiener Linien bauen seit 2008 laufend Schwellen aus FFU mit einer Bauhöhe von 10 cm ein. Die Fahrbahn der Straßenbahn Linie 31 auf der Floridsdorfer Brücke, besteht aus FFU Schwellen, Bauhöhe 10 cm, mit direkter Befestigung. Hier wurden in Summe 1.600 m Gleis mit FFU errichtet.

Da ein großer Teil des Wiener U-Bahnnetzes aus Polyurethanschwellen besteht und diese ihre Lebenserwartung erreicht haben, erfolgt zurzeit ein langfristiges Austauschprogramm dieser Schwellen gegen FFU Kunstholzschwellen. Dies in fester Fahrbahn bzw. schweren und leichten Massefedersystemen in Tunnellage.

In Deutschland baute die Bogestra im Jahre 2012 eine Weiche mit 10 cm hohen Kunstholzschwellen in Schotterfahrbahn ein.



#### 12 cm Bauhöhe

Die Südostbayernbahn hat diese an Überführungen von Güterwegen und Straßen eingebaut. Im Bereich Hannover wurden die Schwellen mit einer Bauhöhe von 12 cm auf einer Trasse der Deutschen Bahn mit 100.000 Lasttonnen je Tag eingesetzt. In der Schweiz wurden im Jahr 2014 die ersten 12 cm hohen Schwellen von der Rhätischen Bahn an einer Feldwegüberführung in Tavanasa eingebaut.

Dies erfolgte, nachdem das BAV (Bundesamt für Verkehr) im Januar 2014 den Einsatz von FFU Kunstholz ab einer Bauhöhe von 12 cm auch in Tunneln, wo Holzschwellen eingesetzt sind, zur Betriebserprobung genehmigt hat.



# Umwelt & Sicherheit

Im Dezember 1994 hat „Japan Food Research Laboratories“ den Einsatz von FFU im Bereich von Trinkwasser untersucht. Das Ergebnis war positiv und erlaubt seit damals den Einsatz von FFU an Trinkwasserprojekten. Dieser Nachweis war für die Zulassung durch das deutsche Eisenbahnbundesamt erforderlich.

Erfahrungen mit verschiedensten Kunststoffschwellen im Bahnbereich haben gezeigt, dass sich diese Technologien in ihrer Qualität, ihren technischen Kennwerten als auch ihrem technischen Materialverhalten wesentlich voneinander unterscheiden.

Deshalb haben Spezialisten der Bahnen aus vielen Ländern diese Unterschiede in der ISO Norm 12856-1(2014) durch Klassifizierung der Materialien in Typen praxisnah dargestellt.

Wie den Verantwortlichen der Bahnen bewusst ist, zeigen sich diese Unterschiede in der Beschaffung und wesentlich wichtiger in der Sicherheit des täglichen Bahnbetriebes, in der technischen Langlebigkeit, Zuverlässigkeit und folgend in der Verfügbarkeit der Gleisanlagen.

FFU Kunstholzschnellen werden seit 1980 einzigartig und erfolgreich

im Dauerbetrieb der Bahnen eingesetzt und können die meisten positiven Laboruntersuchungen und Testergebnisse am Markt vorweisen.

Die patentierte Konstruktion aus endloslangen Glasfasersträngen garantiert dauerhaft allerhöchste Sicherheit und Zuverlässigkeit im täglichen Einsatz bei den Bahnen.

In vielen Ländern weltweit hat deshalb FFU Kunstholz den „Standard“ für den zuverlässigen Einsatz von Kunststoffschwellen auf Brücken, Weichen und Sonderprojekten gesetzt.





Fasern FFU- Recycling



Ankerplatten aus K-FFU



K-FFU | Pulver



R-FFU | Chips und Fasern

## Nachhaltigkeit & Recycling

Sämtliche nach den ersten Feldversuchen im Jahre 1980 eingebauten FFU Kunstholzschnellen sind auch heute noch vollkommen funktionssicher und zuverlässig im täglichen Einsatz.

Die vom RTRI (Railway Technical Research Institute) im Jahre 1996 und nochmalig im Jahre 2011 prognostizierte Lebenserwartung von 50 Jahren wird im Jahre 2030 erreicht sein.

Bereits heute wissen die Bahnbetreiber, dass die vorliegende Zuverlässigkeit von FFU den Einsatz über diesen Zeitraum hinaus ermöglicht.

Ebenso bietet FFU nach dem Ausbau am Ende der prognostizierten/ praktischen Lebenserwartung den Bahnbetreibern die Möglichkeit die Schnellen durch einfaches Aufarbeiten weitere Jahre im Gleis einzusetzen.

Seit der Herstellung der ersten FFU Schnelle wurden sämtliche im Zuge der Herstellung angefallenen, Verschnitte, Bohrklein, Späne etc. wiederverwertet. Dies tlw. im Hause von SEKISUI CHEMICAL CO. LTD. selbst bzw. durch die Rückführung in den Recyclingkreislauf in Japan.

Seit 2011 wird SEKISUI CHEMICAL CO. LTD. international von Organisationen, die eine Bewertung und Auszeichnungen für die Nachhaltigkeit von Unternehmen erteilen mehrfach jährlich ausgezeichnet.

Dies bestärkt SEKISUI CHEMICAL CO.LTD. in seiner internationalen Verantwortung für Natur und Menschheit in der Entwicklung und Umsetzung von umweltfreundlichen Prozessen, Technologien und Produktionsabläufen.



ÖBB | Fußgängerbrücke



ÖBB | Fahrbahnübergang

## Spezialprojekte und Sonderprofile

FFU Kunstholz wurde bereits bei seiner Ersterprobung 1980 als Bi-Blockschwelle im Tunnel im Segment Feste Fahrbahn eingebaut. Die ersten Testergebnisse von 1985 bestätigten die überragenden Materialeigenschaften von FFU Kunstholz.

Bahnübergänge auf Nebenstrecken wurden in der Vergangenheit in der Regel aus Holz verarbeitet. Die rasche Verwitterung von Holz, die sehr hohe Beanspruchung durch Geräte und Fahrzeuge der Land- und Forstwirtschaft bei gleich-

zeitiger Einhaltung der erforderlichen Sicherheit für überquerende Passanten, hat zur Folge, dass Holzkonstruktionen innerhalb sehr kurzer Zeit ersetzt bzw. ausgetauscht werden müssen. Im Gegensatz zu Holz basiert FFU Kunstholz auf einem nahezu porenfreien Werkstoff, nimmt keine Feuchtigkeit auf, benötigt keine umweltbelastenden Chemikalien (unter Beachtung des Natur- und Gewässerschutzes) und erweist sich als extrem witterungsbeständig. Zusätzlich zur überragend hohen Lebenserwartung kann FFU Kunstholz voll recycled werden. Unter diesen

Aspekten erhöht sich die Sicherheit der Bahnübergänge und bietet die Gewissheit einer wesentlich längeren Funktionalität.

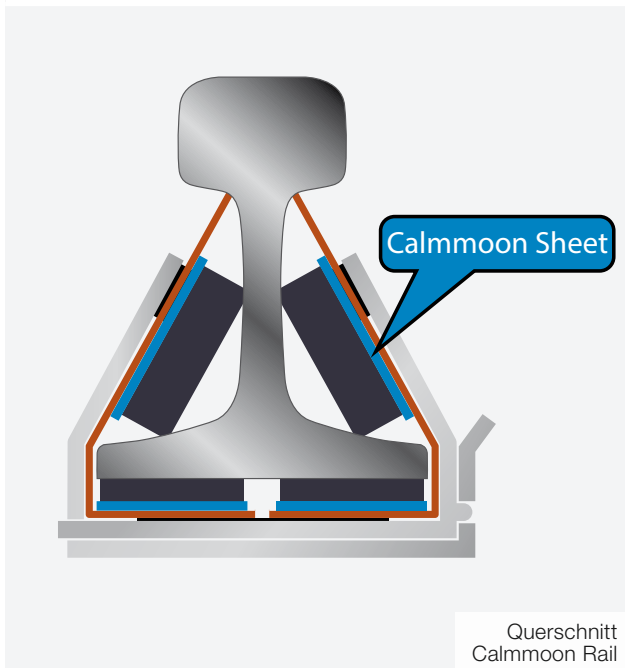
Ein Sonderprojekt mit sehr großen Abmessungen war die Eisenbahnkreuzung in Newark. Hier wurden 8 FFU Balken mit den Abmessungen  $b/h/l = 700/380/16.000$  mm erstellt und eingebaut.



Detail Calmmoon Rail  
Schienenstegabschirmung



Calmmoon Rail  
am Netz der Deutschen Bahn



Querschnitt  
Calmmoon Rail



1,3 mm Calmmoon als  
Lärmdämpfungsplatte zur Brückenentdröhnung

## Calmmoon Rail

### Schienenstegabschirmung

Calmmoon Rail stellt eine sehr effektive Technologie zur nachhaltigen Reduktion von Lärmemissionen direkt an der Quelle als auch einen effektiven Temperaturschutz von bis zu 7°C laut

Untersuchungen der ETH Zürich dar. Die Effizienz von Calmmoon Rail wurde in mehreren praktischen Versuchsreihen als auch unabhängig hiervon von der Deutschen Bahn erfolgreich überprüft. Bis Ende 2021

wurden mehr als 80 km Gleis der Deutschen Bahn mit Calmmoon Rail ausgerüstet. Laut DB AG aus 2012, die wirtschaftlichste und effektivste Technologie am Markt.

## Calmmoon

### Calmmoon Lärmdämpfungsplatten

bestehen aus einer lärm- und vibrationsdämpfenden Kunstharzschicht verbunden mit einer Stahlblechabdeckung.

Calmmoon vereinbart mit seiner geringen Stärke und einer hohen Geräuschkämpfung die Vorzüge eines flexiblen, einfach zu installierenden Lärmschutzsystems. Aufgrund seiner hohen Adhäsionskraft und der effektiven Geräuschkämpfung findet Calmmoon zunehmende Verbreitung

in Ruhebereichen von Verkehrsflugzeugen und Hochgeschwindigkeitszügen, im Schiffbau speziell für Kreuzfahrtschiffe und größere Passagierfähren, als Bedämpfung von Stahlbrücken und für industrielle Klimaanlagen und Kompressoren.

# SEKISUI

SEKISUI CHEMICAL GmbH  
Roßstraße 92  
D-40476 Düsseldorf  
Tel: +49-(0)211-36977-0  
Fax: +49-(0)211-36977-31  
Email: [contact@sekisui-rail.com](mailto:contact@sekisui-rail.com)  
[www.sekisui-rail.com](http://www.sekisui-rail.com)



BAHNTECHNIK

# State of the Art

