

# Silent Bridges<sup>®</sup>

Technologie für Sanierung und  
Neubau von Eisenbahnbrücken

Systembeschreibung

Juni 2004



**edilon**

---

Inhalt:

<b>1</b>	<b>Silent Bridges® – Grundprinzip und Anwendungsgebiete.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Kompetenzen der Partnerunternehmen von Silent Bridges® .....</b>	<b>5</b>
2.1	Heerema Fabrication .....	5
2.2	EDILON B.V. ....	6
2.3	Holland Railconsult.....	7
2.4	Weitere Beteiligte .....	7
<b>3</b>	<b>Technologie von Silent Bridges® .....</b>	<b>8</b>
3.1	Entwicklungsziele und -prozeß von Silent Bridges® .....	8
3.1.1	Reduzierung der Schallemissionen.....	8
3.1.2	Verlängerung des Lebenszyklus.....	9
3.1.3	Erhöhung der Wirtschaftlichkeit .....	10
3.2	Aufbau und Funktionsweise von Silent Bridges® .....	11
3.3	Weitere technische Aspekte .....	14
3.3.1	Übergangsbereiche .....	14
3.3.2	Verträglichkeit mit elektro-/ signaltechnischen Systemen.....	15
3.3.3	Schienenanszüge .....	15
3.3.4	Entwässerung.....	17
3.3.5	Sonderlösungen .....	17
<b>4</b>	<b>Einbautechnik / Logistik .....</b>	<b>18</b>
4.1	Einbau einer (komplett) neuen Brücke / Austausch des Brückenüberbaus .....	18
4.1.1	Werkinterne Fertigung und Abnahme .....	18
4.1.2	Transport der Brückenelemente zur Einbaustelle .....	19
4.1.3	Einbau der Brückenelemente.....	19
4.1.4	Einbau der Schienen .....	19
4.1.5	Herstellung der Übergangsbereiche .....	19
4.1.6	Abnahme / Inbetriebnahme .....	19
4.2	Erneuerung des Gleisoberbaus auf einem bestehendem Brückenüberbau.....	20
4.2.1	Werkinterne Fertigung und Abnahme .....	20
4.2.2	Transport der Fahrbannelemente zur Einbaustelle .....	20
4.2.3	Einbau der Fahrbannelemente .....	20

---

<b>5</b>	<b>Wirtschaftliche Aspekte .....</b>	<b>21</b>
5.1	Betrachtung der wirtschaftlichen Aspekte beim Einbau.....	21
5.2	Betrachtung der Anschaffungs-, Einbau und Betriebskosten (LCC).....	21
<b>6</b>	<b>Zertifizierungen und Zulassungen .....</b>	<b>22</b>
<b>7</b>	<b>Projektreferenzen .....</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>Anlagen .....</b>	<b>24</b>

## 1 Silent Bridges® – Grundprinzip und Anwendungsgebiete

Schallemissionen im Bahnbetrieb sind über die letzten Jahrzehnte zu einem zunehmend wichtigeren Thema geworden. Während im neunzehnten Jahrhundert das Donnern der Eisenbahn über Brücken als ein Zeichen des Fortschritts angesehen wurde, haben die zunehmende Bevölkerungsdichte und die rasante Steigerung der Verkehrsmenge in unserer Zeit dazu beigetragen, dass Geräuschemissionen aus dem Eisenbahnverkehr heute einen veränderten Stellenwert besitzen. Wir sehen diese mittlerweile als einen Stressfaktor an, der soweit wie nur möglich minimiert werden muss. Dies spiegelt sich auch häufig in den zunehmend strengeren Umweltgesetzen. Eisenbahnbrücken wecken im Vergleich zum einfachen Bahnkörper erheblich mehr Aufmerksamkeit, da besonders der von Stahlbrücken emittierte Luftschall bedeutend lauter ist. Dies war das Hauptmotiv zur Entwicklung der Silent Bridges®.

Dieses Dokument liefert Informationen zum Aufbauprinzip, Einbauverfahren sowie Wirtschaftlichkeit der Silent Bridges® in verschiedenen Anwendungsfällen.

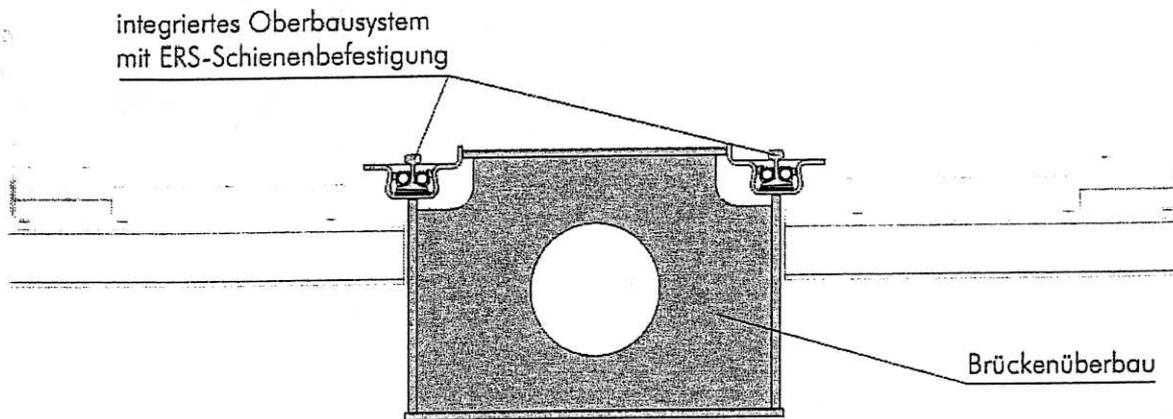


Abb. 1-1: Querschnitt durch ein Brückenelement einer Silent Bridge®

Bei Silent Bridges® handelt es sich um ein besonderes Konzept für Eisenbahnbrücken aus Stahl mit integriertem Oberbau (siehe Abb. 1-1). Diese aufeinander abgestimmte Kombination von Brückentragwerk und Fahrbahn eignet sich für die Errichtung eines völlig neuen Brückenbauwerkes sowie für die Erneuerung des Überbaus einer bestehenden Brücke mit integriertem Bahnoberbau.

Silent Bridges® ist eine Brückenbauart, die gegenüber den meisten konventionellen Konstruktionen folgende Vorteile aufweist:

- reduzierte Schallemissionen
- Verlängerung der Lebensdauer
- hohe Wirtschaftlichkeit
  - reduzierte Bauhöhen
  - schneller Einbau
  - geringer Instandhaltungsaufwand

## 2 Kompetenzen der Partnerunternehmen von Silent Bridges®

Bereits 1993 haben die Firmen Heerema, Holland Railconsult und Edilon die Silent Bridges® Foundation gegründet. Die Ziele dieser Interessengemeinschaft waren die Entwicklung von lärmreduzierenden Maßnahmen sowie von wirtschaftlichen Lösungen für Stahlbrücken und für Brücken in Verbundbauweisen. Weitere Ziele beinhalten zudem die Entwicklung von Methoden zur Vorhersage von Lärmemissionen aus dem künftigen Eisenbahnverkehr auf Brücken. Nach intensiven Arbeiten ist es gelungen diese Vorhaben mit Erfolg zu realisieren.



### 2.1 Heerema Fabrication

Als führendes Unternehmen im Bereich der internationalen Offshore-, Öl- und Gasindustrie sowie der petrochemischen Anlagen und Infrastruktur, betreibt Heerema Fabrication vier Werften im Bereich der Nordsee.

Seit 1948 ist Heerema Fabrication auch als Brückenhersteller bekannt. Das Unternehmen führte u.A. die niederländischen Brückenprojekte Erasmusbrücke (mit 200 m Spannweite), Veghelbrücke und die Van Brienenoordbrücke sehr erfolgreich durch. Für innovative Brückenkonstruktionen und für ein mobiles, achtstöckiges Bürogebäude aus Stahl ("de Bolder") wurden Heerema Fabrication von niederländischen Industrieverbänden mehrere Auszeichnungen verliehen.

Die Tatsache, dass die von Heerema Fabrication angewandten Fertigungsverfahren den höchsten schweiss- und sicherheitstechnischen Anforderungen der Offshore-Industrie entsprechen müssen, verleiht Heerema Fabrication nicht nur die Fähigkeit höchsten Qualitätsansprüchen gerecht zu werden, sondern auch große Aufträge in kurzen Zeiträumen abwickeln zu können.

Mehr Information finden Sie unter: [www.heerema.com](http://www.heerema.com)



## 2.2 EDILON B.V.



Als Teil der rasanten Entwicklung der Polymertechnologie nach dem 2. Weltkrieg, ist EDILON seit 1945 in der Herstellung von Klebe- und Vergussmassen sowie Klebeanker- und Dübelssystemen für den Hochbau tätig. Bis heute wird ein beträchtlicher Teil des Umsatzes mit Produkten für das allgemeine Bauwesen und Industrieanwendungen erwirtschaftet.

Die Möglichkeiten und Qualität der EDILON-Produkte wurden bald auch von der Niederländischen Staatsbahn (NS) entdeckt. Einen besonderen Meilenstein der Firmengeschichte stellt in den späten 60er Jahren die Entwicklung einer revolutionären, kontinuierlich-elastischen Schienenbefestigung – das EDILON Embedded Rail System (ERS) – dar. Zunächst in Kombination mit Gleistragplatten für Bahnübergänge verwendet, ist die ERS-Befestigung heute eine bewährte Konstruktion für den Einsatz z.B. auf Brücken, in Tunneln oder für Feste Fahrbahn-Bauarten.

Nach über 1.000 Bahnübergängen in den Niederlanden findet die ERS-Befestigung seit 1998 auch im Netz der DB AG auf Bahnübergängen und Brücken Verwendung. Mit erfolgreichem Abschluss der 5-jährigen Betriebserprobung hat die Anwendung auf Bahnübergängen (System STELFUNDO) im September 2003 die EBA-Bauartzulassung erhalten.

Das EDILON Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung) zeichnet sich aus durch Wartungsfreiheit, niedrige Lebenszykluskosten und günstige schalltechnische Eigenschaften. Seine niedrige Bauhöhe und die Möglichkeit zur Integration des Systems in die Brückenträgerkonstruktion sind ideale Voraussetzungen zur Nutzung dieser Technik in Verbindung mit der Heerema Silent Bridges Technologie.

Mehr Information finden Sie unter: [www.edilon.com](http://www.edilon.com)

## 2.3 Holland Railconsult



# Holland Railconsult

Das holländische Schienennetz weist eines der höchsten Verkehrsaufkommen auf. Dies erfordert ein kompetentes und wirtschaftlich orientiertes Unternehmen, das auch in der Lage ist neue Technologien einzuführen.

Ursprünglich als Planungsgesellschaft des niederländischen Eisenbahnbetreibers "Niederländische Staatsbahn", wurde Holland Railconsult ab 1995 unabhängig. Im Jahre 2002 wurde der letzte Schritt zur Selbständigkeit verwirklicht.

Mit Hauptsitz in Utrecht / Niederlande, beweist Holland Railconsult seine Kompetenz auch außerhalb der Niederlande in Ländern wie Irland, Portugal, Polen und Deutschland.

Planungskompetenz im Bereich Feste Fahrbahn, Eisenbahnbrücken (Europäischer Stahlpreis für die Dordrecht Brücke 1995) und Schallreduzierung war der Anlass für die Beteiligung an der Entwicklung und Verwirklichung der Heerema Silent Bridge®. Mit aufwendigen Simulationen und Entwicklungsarbeiten wurde eine sehr wirkungsvolle Lösung für Schalloptimierte Eisenbahnbrücken aus Stahl geschaffen.

Mehr Information finden Sie unter: [www.hr.nl](http://www.hr.nl)

## 2.4 Weitere Beteiligte

Die Forschungsarbeiten und die Entwicklung auf dem Gebiet der Silent Bridges® Technologie wurden vom Dutch Institute for Fundamental Research (TNO TPD) in Delft sowie von AEA Technology Rail durchgeführt bzw. begleitet.

Die Niederländische Staatsbahn (Nederlands Spoorweg - NS) fördert durch ihre Einkaufsgesellschaft ProRail die Anwendung von Silent Bridges® in der Praxis seit 1996.

### 3 Technologie von Silent Bridges®

#### 3.1 Entwicklungsziele und -prozeß von Silent Bridges®

##### 3.1.1 Reduzierung der Schallemissionen

Die zunehmend empfindliche Umwelt (dicht besiedelte Gebiete bzw. sensible Einrichtungen) führt zu immer schärferen Lärmschutzauflagen, die häufig die Ursache für Erschwernisse in Projektdurchführungen sind (Genehmigungsverfahren, notwendige Zusatzmaßnahmen etc.). In Deutschland sind die Lärmschutzaufgaben in der Sechzehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vorgegeben (siehe Anlage 1).

In der ersten Entwicklungsphase für die Lösung dieses Problems wurden die Ursachen der Schallemissionen untersucht. Hauptsächlich handelt es sich um das Rollgeräusch von Fahrzeigrädern, die nicht vollkommen rund, sondern leicht polygonal deformiert sind. Eine weitere Ursache ist die Rauigkeit der Schienen und der Radlaufflächen. Das Zusammenwirken dieser Faktoren verursacht eine Art Hämmern der Räder auf die Schienen. Dieses Hämmern bringt sowohl die Räder als auch die Schienen in Schwingung, was sich in den typischen Luftschallemissionen eines vorbeifahrenden Zuges äußert.

Auf Stahlbrücken mit Direktauflagerung der Schwellen sind diese Rollgeräusche lauter, als auf einem Schottergleis. Zudem vibriert dabei das Brückenbauwerk selbst, was zu Körperschallemissionen führt, die in Form von sekundärem Luftschall in der Regel sogar lauter sind, als die Rollgeräusche selbst. Der gesamte Schalldruckpegel von Zügen auf diesen Stahlbrücken ist 5 bis 15 Dezibel höher als auf einem Schottergleis. Diese Pegelsteigerung wird als Schallzuwachs der Brücke bezeichnet.

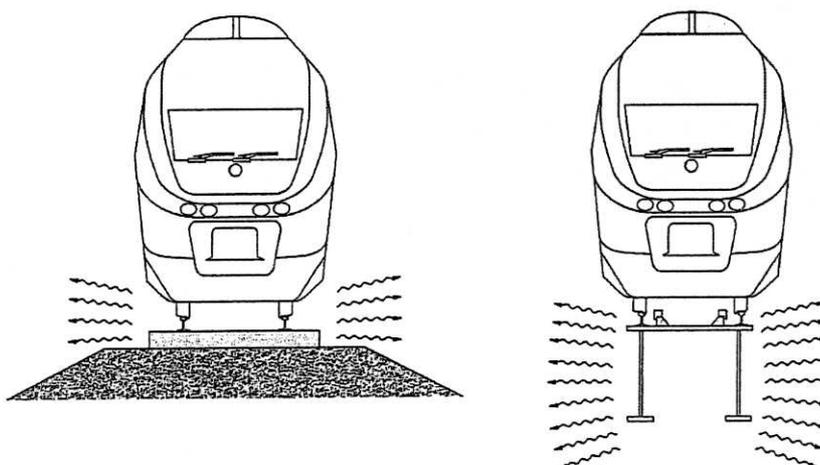


Abb. 3-1: Ein Zug auf einer Stahlbrücke verursacht zusätzliche Lärmentwicklung

Um zu verhindern, dass die Vibrationsenergie in die Brücke eingeleitet wird, ist es entscheidend, die Schiene akustisch von der Brücke zu entkoppeln. Eine gänzlich entkoppelte Schiene könnte jedoch sogar stärker vibrieren, wodurch noch mehr Luftschall emittiert würde. Daher muss die Schiene nicht nur akustisch isoliert, sondern auch gedämpft (oder abgeschirmt) werden. Eine vergossene (bzw. verklebte) Schiene, wie sie in der Schienenbefestigung EDILON Embedded Rail System (ERS) Anwendung findet (siehe Abschnitt 3.2, Abb. 3-4, Seite 11) erfüllt beide Funktionen: Abschirmung und Dämpfung. Für Silent Bridges® ist die ERS-Schienenbefestigung so modifiziert worden, dass die vertikale Steifigkeit etwas vermindert wurde, die horizontale Steifigkeit aber erhalten blieb.

Die akustische Isolierung der Schiene ist weiter dadurch verbessert worden, dass der Widerstand gegen Vibration (Impedanz) unter den Schienen erhöht wurde. Die Anwendung von ver-

hältnismäßig dicken Trägerflanschen ist zwar im herkömmlichen Brückenbau nicht üblich, bei den Silent Bridges® hat sich ihr Einsatz jedoch als äußerst effektiv erwiesen. Nicht nur die Impedanz der Stahlträger ist hier entscheidend: die diversen Kombinationen von Steg-, Flansch- und Trogdicken spielen eine wesentliche Rolle.

Die erwähnten konstruktiven Maßnahmen sind gründlich berechnet und geprüft worden. Für die Ermittlung der optimalen Blechdicken der verschiedenen Elemente wurden beispielsweise Computermodelle von mehr als 200 Konstruktionskombinationen erstellt und untersucht. Drei dieser Kombinationen sind als Modelle im Maßstab von 1 : 4 ausgeführt und in einem Akustikraum der TNO in Delft geprüft worden, um die rechnerischen Ergebnisse zu bestätigen.

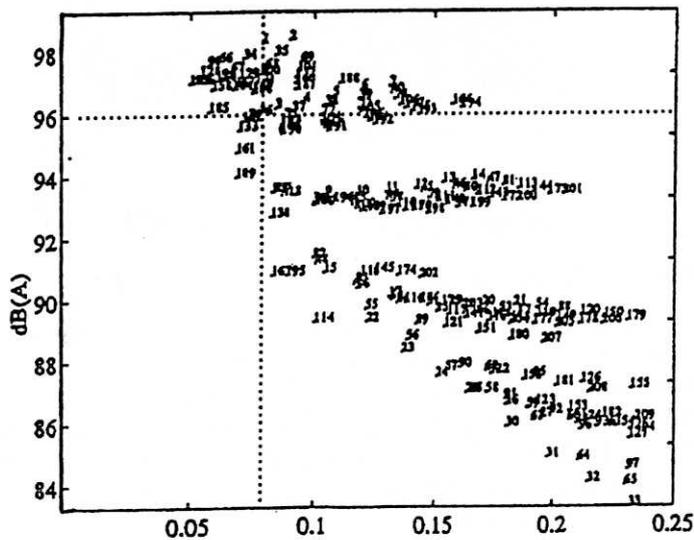


Abb. 3-2: Einfluß der Variationen von Kastenträgerabmessungen auf dessen Masse (ausgedrückt in  $m^2$  des Querschnitts) und auf die Schallemission

### 3.1.2 Verlängerung des Lebenszyklus

Das Ermüdungsprofil der Brücke und Oberbau basiert auf dem DIN Fachbericht 103 und der DIN V-ENV-1993-2 Stahlbrücken. Diese werden mit einem allgemeinen Eisenbahnverkehr EC Mix, jährliches Verkehrsaufkommen 25 Million Tonnen / Fahrspur und einer Lebensdauer von 120 Jahren zu Grunde gelegt.

Die Verlängerung der Lebensdauer von zu sanierenden Stahlbrücken mit Hilfe der Silent Bridges®-Technologie basiert auf der Eigensteifigkeit der Oberbauelemente bzw. auf deren Verbund mit den bestehenden Längsträgern des Brückenüberbaus. Anders ausgedrückt versteift der Oberbau das Brückentragwerk und reduziert somit dessen Ermüdung.

Diese Technik für Brückensanierung und Verlängerung der Lebensdauer wurde zum ersten Mal bei den Brücken über den Wilhelminakanaal bei Kelpen angewandt. Diese Brücken stammen aus dem Jahr 1925. Berechnungen der Ermüdung hatten ergeben, dass die verbleibende Lebensdauer der Brücken sehr begrenzt war, und zwar durch relativ hohe Spannungswechsel in den Hauptträgern, verursacht durch die Zugüberfahrten. Diese Brücken wurden 1997 mit Hilfe der Silent Bridges®-Technologie saniert. Der Oberbau mit Holzschwellen wurde durch einen Silent Bridges®-Oberbau mit EDILON Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung) ersetzt, der (wie bereits erwähnt) in die Längsrichtung eine beträchtliche eigene Steifigkeit aufweist. Die neue Fahrbahn erhöht nicht nur die Steifigkeit der Längsträger

der Brücke, sondern vermindert auch den Spannungswechsel im Hauptträger. Diese Maßnahmen haben die Lebensdauer der Brücke um 30 bis 50 Jahre verlängert.



Abb. 3-3: Beispiel einer sanierten Brücke (Berkum / Niederlande)

### 3.1.3 Erhöhung der Wirtschaftlichkeit

#### 3.1.3.1 Reduzierung der Bauhöhe

Wie bereits erwähnt, stellt die Integration der Schienen mittels des EDILON Embedded Rail System in die Brückenkonstruktion ein zentrales Hauptmerkmal der Silent Bridges®-Technologie dar. Diese Konstruktion lässt die Gesamtbauhöhe des Brückeüberbaus bis zur Schienenoberkante um ca. 900 mm (im Vergleich zum konventionellen Schotteroberbau auf Stahlbrücken) bzw. um 200 mm (im Vergleich zur konventionellen Stahlbrücke mit Direktauflagerung) reduzieren und ermöglicht Bauhöhen bei Silent Bridges®, die nur ein Zwanzigstel der Spannweiten aufweisen.

#### 3.1.3.2 Beschleunigung der Einbauprozesse

Da die Silent Bridges® bereits zum größten Teil vormontiert an die Einbaustelle transportiert werden, erübrigen sich entsprechende Aufwendungen zur Montage vor Ort. Gegebenfalls können die Fertigelemente mit bereits eingebauter Schiene angeliefert werden. Dies verschafft vor allem auch entsprechende Vorteile hinsichtlich der Verkürzungen von notwendigen Sperrpausen.

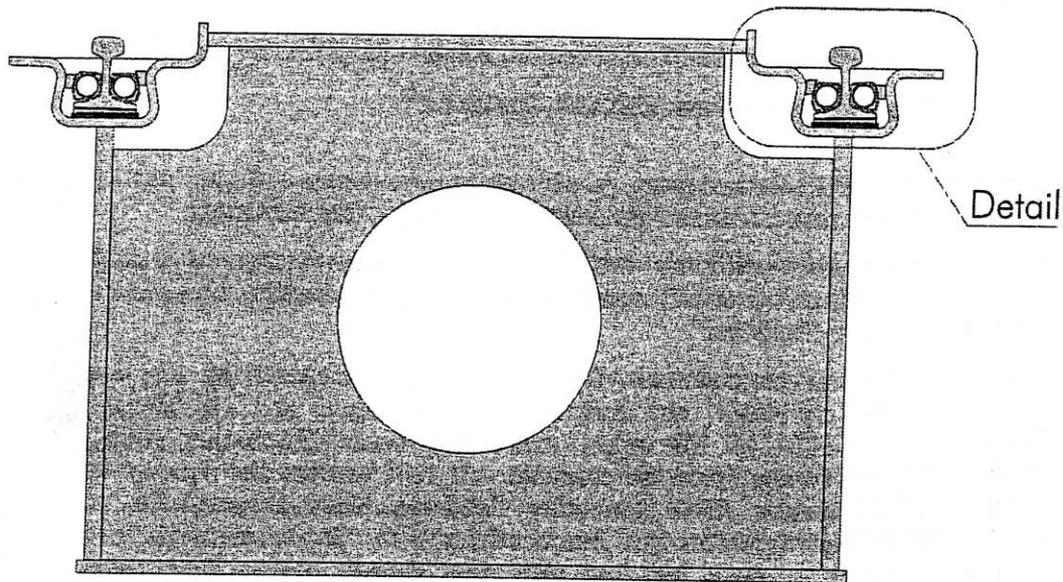
#### 3.1.3.3 Reduzierung des Instandhaltungsaufwandes

Der vollverschweißte Kastenträger mit integriertem Entgleisungsschutz und der ERS-Schienenbefestigung, bei dem die Anzahl der verschraubten / verdübelten Verbindungen auf ein Mindestmaß reduziert wurde, verlängert die Lebensdauer der Gleise.

Aufgrund der glatten Oberflächen und einer niedrigen Anzahl an Schweißnähten wird der Inspektionsaufwand sowie die Korrosionsgefahr auf ein Minimum reduziert. Bei evtl. notwendigen Instandhaltungsmaßnahmen (wie z.B. Erneuerung des Korrosionsschutzes) wird der Arbeitsaufwand ebenfalls stark reduziert.

### 3.2 Aufbau und Funktionsweise von Silent Bridges®

Wie bereits im Abschnitt 1 erwähnt, handelt es sich bei Silent Bridges® um eine aufeinander abgestimmte Kombination von Brückentragwerk und Fahrbahn. Dabei werden die Schienen durch die Anwendung des EDILON Embedded Rail System (ERS- Schienenbefestigung) im Stahltrug akkustisch abgeschirmt sowie gedämpft und in eine Brückenträger-Konstruktion mit entsprechend abgestimmten Stahlflanschen, -stegen integriert. Der Aufbau des gesamten Systems kann der Abb. 3-4 entnommen werden.



### Detail

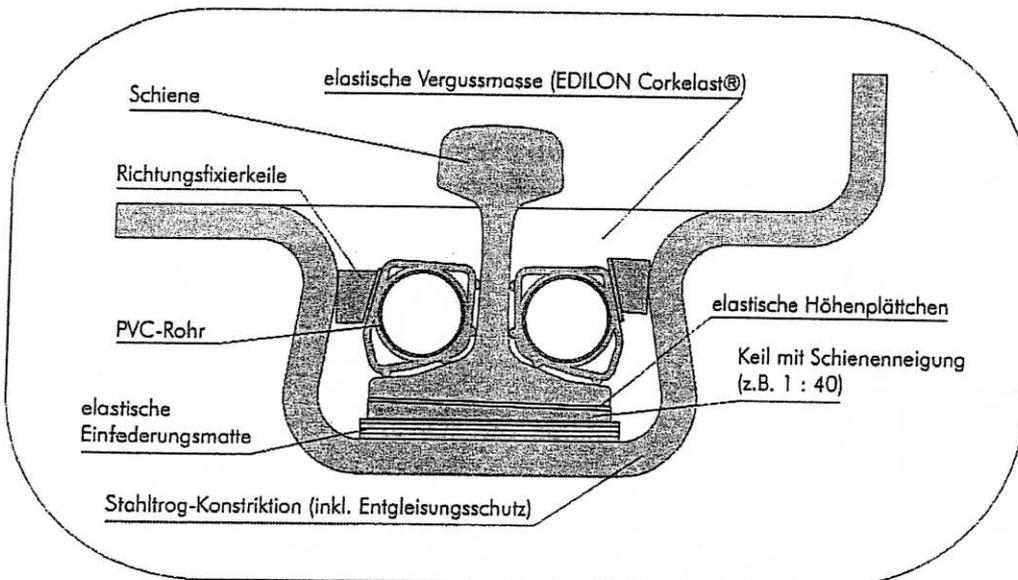


Abb. 3-4: Aufbauprinzip von Silent Bridges® mit EDILON Embedded Rail System (ERS)

Das EDILON Embedded Rail System (ERS- Schienenbefestigung) besteht aus folgenden Komponenten:

- Schiene
- Trogkonstruktion (Stahl oder Beton)
- Elastische Einfederungsmatte (EDILON Resilient Strip®)
- Kunststoff-Rohr
- Elastische Höhenplättchen und Richtungsfixierkeile (EDILON Shims und Wedges)
- Elastische Vergussmasse (EDILON Corkelast®)

Die Technik der ERS-Befestigung gewährleistet eine kontinuierliche, elastische Gleislagerung sowie gleichzeitig eine zuverlässige elektrische Isolation der Schienen.

Der Einbau von Kunststoffrohren auf einer bzw. auf beiden Seiten der Schiene ist in der Praxis üblich. Diese Maßnahme schafft zusätzlichen Raum für Kabelführungen und reduziert die erforderliche Menge an Corkelast®.

Dieses System der vergossenen (bzw. verklebten) Schienen ist das Ergebnis der engen Zusammenarbeit zwischen den technischen Abteilungen der NS (Vorgänger von Holland Railconsult) und EDILON. Die erste Anwendung dieser Oberbauart erfolgte 1972 auf einer Brücke über die Roode Vaart bei Moerdijk. Ab 1973 wurde die Technik des heute EDILON Embedded Rail System (ERS) genannten Schienenbefestigungssystems, in Kombination mit Betonfertigteile-Gleistragplatten zur Standardlösung für Bahnübergänge in den Niederlanden (Bauart „Harmelen“). Auch hier hat sich das System seither trotz der sehr salzhaltigen Umgebung (Streusalz) hervorragend bewährt. Nach mehr als drei Jahrzehnten Betriebserfahrung gilt das EDILON Embedded Rail System (ERS Schienenbefestigung) als eine bewährte und wartungsfreie Bauart.

1996 wurde schließlich mit der Brücke über die Nieuwe Vaart ein Silent Bridges®-Test im Maßstab 1:1 durchgeführt: Das Projekt für den 2-gleisigen Ausbau der Strecke zwischen Groningen und Leeuwarden im Norden der Niederlande bot dazu eine ausgezeichnete Gelegenheit. Die Niederländische Staatsbahnen (NS), Abteilung Feste Fahrbahn-Systeme, war von diesem Konzept überzeugt und unterstützte seine Verwirklichung mit großem Engagement. Es wurde daher entschieden, die zweite Brücke über die Nieuwe Vaart mit zwei Feldern von je 12,5 m in der Silent Bridge®-Technologie auszuführen.

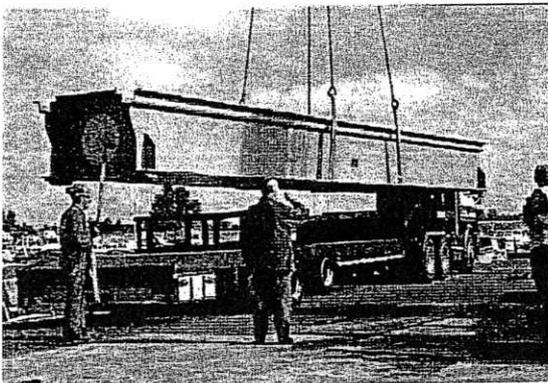


Abb. 3-5: Transport der ersten Silent Bridge® über die Nieuwe Vaart

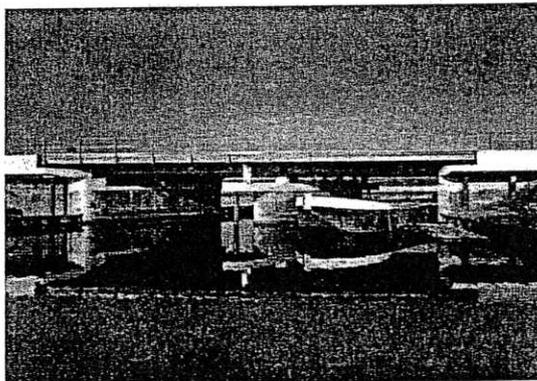


Abb. 3-6: Fertige Brücke über die Nieuwe Vaart

Prognoseberechnungen hatten gezeigt, dass diese Brücke nicht lauter wäre, als die Schottergleise auf beiden Seiten der Brücke. Nach der Inbetriebnahme der Brücke wurden Messungen in Entfernungen von 7,5 m und 25 m von den Schottergleisen und von der Brücke vorgenommen. Die Messergebnisse übertrafen die Erwartungen. Bei Zuggeschwindigkeiten von 100 km/h (Geschwindigkeitsbegrenzung für diese Strecke) war die Schallemission der Brücke um 2 dB(A) niedriger, als die der Schottergleise. Die Gäste der Campingplätze in der Nähe der Brücken bemerkten sofort den großen Unterschied im Vergleich zu der ersten Brücke über die Nieuwe Vaart.

Mittlerweile sind weitere Brücken in der Silent Bridges®-Technologie realisiert worden. Im Abschnitt 7 wird ein Überblick dieser Projekte aufgezeigt. In den Jahren 2001 und 2002 wurden weitere Messungen vorgenommen, wobei die Lärmemissionen von einigen dieser Silent Bridges® mit denen von Schottergleisen mit Holzschwellen verglichen wurden. Die jeweiligen Lärmpegelunterschiede werden wie folgt wiedergegeben, wobei „-“ ein besseres, „+“ ein schlechteres Vergleichsergebnis von Silent Bridges® gegenüber dem Schotteroberbau mit Holzschwellen darstellt:

Projekt	Schallzuwachs im Vergleich zum Schotteroberbau mit Holzschwellen
Zwaagwesteinde (Nieuwe Vaart)	0 –bis +2 dB(A)
Kelpen, Brückensanierung	+3 bis +5 dB(A)
Tilburg, Ringbaan-Oost: sehr schlanke Brücke	-1 bis +1 dB(A)
Tilburg, St. Ceciliastraat: sehr schlanke Brücke	-1 bis +1 dB(A)
Tilburg, Gasthuisstraat: sehr schlanke Brücke	0 bis +1 dB(A)
Tilburg, Heuvelring; sehr schlanke Brücke	0 bis +1dB(A)

Auf Anfrage können die Messprotokolle der einzelnen Projekte zur Verfügung gestellt werden.

### 3.3 Weitere technische Aspekte

#### 3.3.1 Übergangsbereiche

Übergänge vom Schotteroberbau auf Gleise mit direkter Schienenbefestigung (z.B. auf Brücken oder anderen Kunstbauwerken) erfordern i.d.R. besondere Maßnahmen. In Abhängigkeit des unterschiedlichen Setzungsverhaltens von Brücke (Widerlager) und Erdbauwerk müssen gleichmäßige Übergänge geschaffen werden. Zudem müssen die jeweiligen Oberbauelastizitäten so aufeinander abgestimmt werden, dass kein abrupter Elastizitätssprung verursacht wird. Zahlreiche Lösungen, die diesen Übergang verbessern sollen, basieren auf Konzepten, die die Länge des Übergangsbereiches vergrößern. Eine in Kombination mit der ERS-Schienenbefestigung häufig für das Embedded Rail System genutzte Möglichkeit ist dabei die Verwendung von Schleppplatten.

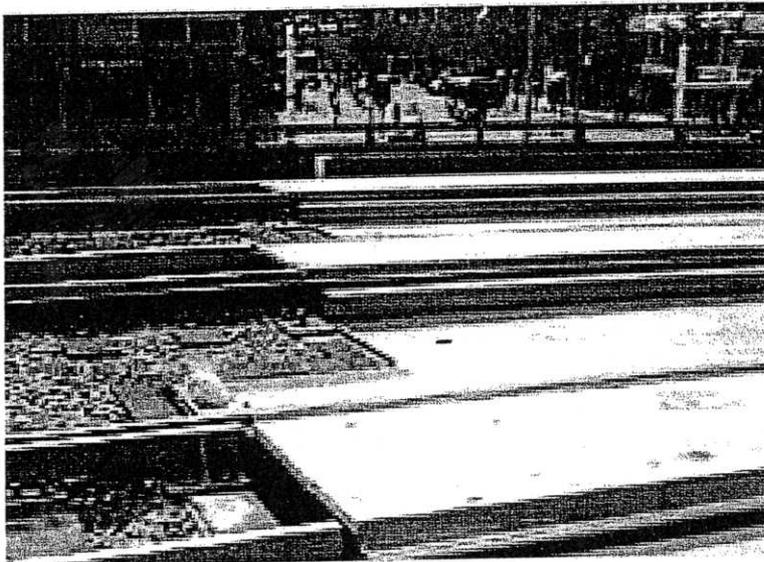


Abb. 3-7: Übergangsbereich bei Tilburg

Im Netz der NS ist in diesem Zusammenhang der Einbau von jeweils wenigstens eines elastischen Schienenstützpunktes an jedem Ende einer Brücke üblich. Diese Befestigung ist direkt am Widerlager fixiert und in der Regel nicht mit einer Spannklemme ausgestattet, so dass sich die Schiene infolge der Brückenendverdrehung (Endtangentialwinkel) frei nach oben bewegen kann.

Die Anwendung eines direkt aufgelagerten Schienenstützpunktes am Brückenwiderlager ermöglicht einen sauberen, klar definierten Abschluß des Schotterbettes.

### 3.3.2 Verträglichkeit mit elektro-/ signaltechnischen Systemen

Das System Silent Bridges® mit EDILON Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung) weist prinzipiell keine Einschränkungen in Bezug auf Signalsysteme oder die Bahnstromanlagen auf. Das niederländische Zugsicherungssystem ATB kann jedoch unter Umständen eine zusätzliche Verstärkungsschleife bei Stahlbrücken erforderlich machen, da die Schienen von Stahltrögen umgeben sind, welche eine starke Dämpfung des Gleisstromkreissignals verursachen.

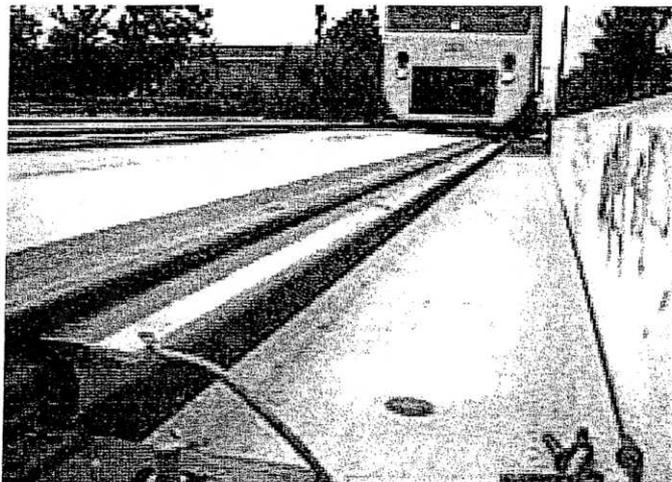


Abb. 3-8: Die ERS-Schienenbefestigung ist prinzipiell für alle Signalsysteme und Bahnstromanlagen geeignet.

Wie bereits im Abschnitt 3.2 erwähnt, gewährleistet das Embedded Rail System die elektrische Isolation der Fahrschienen. Die Forderung nach elektrischem Widerstand bei Festen Bahnhöfen von mindestens  $2,5 \text{ k}\Omega\text{km}$  wird in jedem Fall erfüllt.

Falls der Einbau von Achszählern oder PZB-Magneten auf der Brücke erforderlich ist, muss eine Modifizierung der Stahlkonstruktion durchgeführt werden. Der Trog muss in bestimmten Abständen unterbrochen werden. Das gleiche gilt für die Anwendung von Eurobalisen. Prinzipiell müssen die Antennen in der Fahrbahn und nicht in der Brückenkonstruktion integriert werden.

Das EDILON Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung) ist prinzipiell für alle Signalsysteme und Bahnstromanlagen geeignet.

### 3.3.3 Schienenauszüge

Im Gegensatz zu den meisten Schienenbefestigungen gewährleistet das Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung) eine elastische Fixierung der Schiene in allen Richtungen. Dies führt besonders in die Längsrichtung des Gleises zu einem elastischen Verhalten, was einen wesentlichen Unterschied zu den Schienenbefestigungssystemen mit diskreter Lagerung darstellt. Relative Bewegungen der Schienen gegenüber dem Fahrbahntrog von 8 bis 10 mm sind zulässig. Dies ermöglicht den Bau von Brücken mit Dehnungslängen von bis zu 30 m ohne Schienenauszüge. Bei längeren Brücken sind entsprechende Berechnungen erforderlich, um festzustellen, ob Schienenauszüge notwendig sind. In der Anlage 2 werden typische Berech-

nungen der Längskräfte und der Schienenspannungen an Beispielen von zwei ca. 30 m langen Brücken mit durchgehend verschweißten Langschienen erläutert.

Für Brücken mit längeren Spannweiten (bis zu 250 m) wurden spezielle Schienenauszüge entwickelt. Wie bei regulären Gleisen mit Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung), sind die Schienenauszugsvorrichtungen ebenfalls kontinuierlich elastisch gelagert.

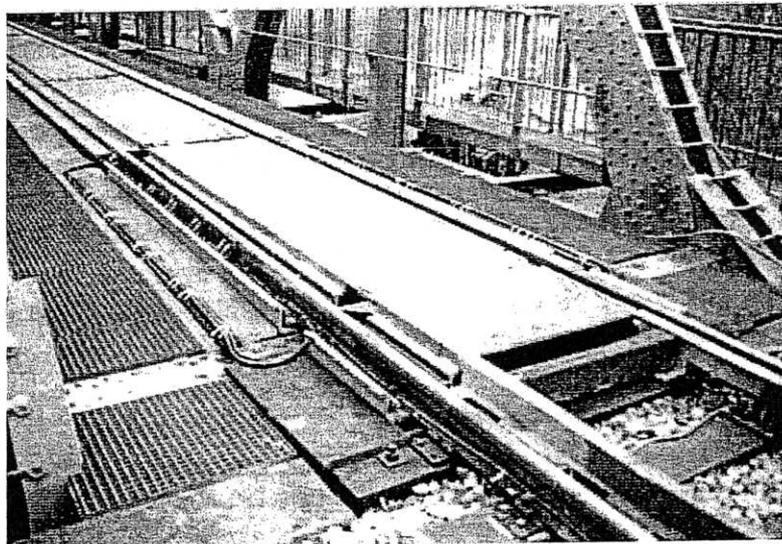
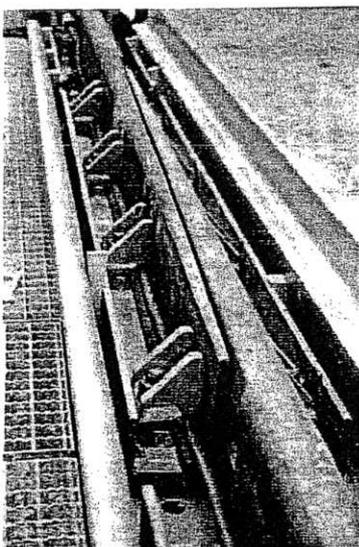
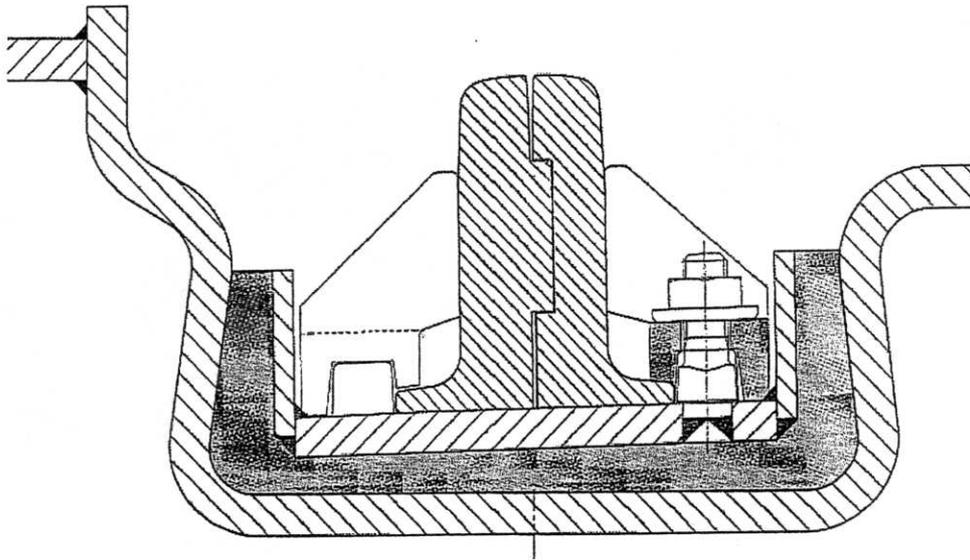


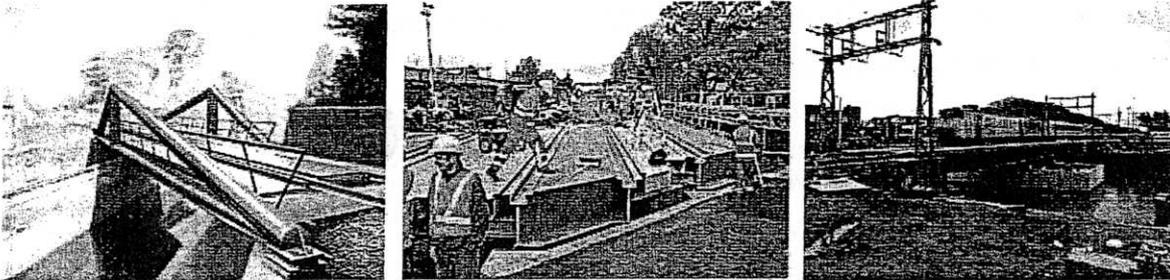
Abb. 3-9: Schienenauszug für die ERS-Schienenbefestigung

### 3.3.4 Entwässerung

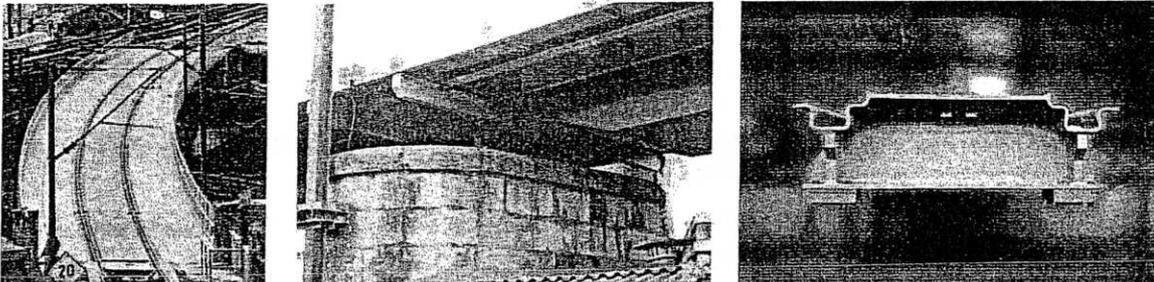
Die systembedingte Verklebung der Schiene in der Trogkonstruktion verhindert das Eindringen von Wasser und Luft. Wenn der Brückenüberbau in der Längsrichtung bereits gewölbt oder geneigt ausgebildet wurde, sind keine weiteren Entwässerungsmaßnahmen erforderlich.

### 3.3.5 Sonderlösungen

Das Aufbauprinzip von Silent Bridges® ist äußerst flexibel. Viele spezielle Anwendungen, wie z.B. Brücken mit Radien, extrem schlanke Brücken, Einsatz von Stromschiene oder bewegliche Brücken (Schwenk- oder Klappbrücken) wurden, wie die folgenden Bilder zeigen, bereits realisiert:



Einfeldbrücke mit großer Spannweite (links), Abschrägung am Brückenende (Mitte), Bewegliche Brücke bei Maassluis (rechts)



Brücke mit einem Radius: Xabregasbrücke, Lissabon (links), verjüngtes Brückenende (Mitte), extrem schlanker Brückenüberbau (rechts)

## 4 Einbautechnik / Logistik

Das System Silent Bridges® eignet sich für die Errichtung eines völlig neuen Brückenbauwerkes, für die Erneuerung des Überbaus einer bestehenden Brücke, sowie auch für die Sanierung des Oberbaus im bereits existierenden Brückenüberbau.

Die Bedingungen für den Transport und Einbau einer Eisenbahnbrücke sind immer vom jeweiligen Projekt abhängig. Die Firmen der Silent Bridges®-Gruppe besitzen ein umfassendes Know-how aus zahlreichen Projekten dieser Art. Die geeigneten Transport- und Einbautechniken werden in Abhängigkeit von den zur Verfügung stehenden Sperrzeiten, vom Standort der Brücke sowie von der Brückenkonfiguration (d.h. ein- bzw. zweigleisig) gewählt. Die im Folgenden beschriebenen Beispiele für die verschiedenen Anwendungen sowie das Reparaturkonzept für Havariefälle stellen daher jeweils nur eine von mehreren Möglichkeiten dar.

### 4.1 Einbau einer (komplett) neuen Brücke / Austausch des Brückenüberbaus

#### 4.1.1 Werkinterne Fertigung und Abnahme

Die Silent Bridges®- Brückenelemente werden nach dem patentierten Konzept der Silent Bridge Gruppe entworfen und hergestellt. Dabei werden folgende Vorschriften für Eisenbahnbrücken und sonstige Ingenieurbauwerke (VEI) berücksichtigt:

- DS 804 (B6) –September 2000 und Mai 2003,
- DIN V-ENV-1993-2 Stahlbrücken
- DIN Fachbericht 101, Einwirkungen auf Brücken Ausgabe März 2003
- DIN Fachbericht 103, Stahlbrücken Ausgabe März 2003

Die Prüfung der Schweißungen wird ggf. von einer unabhängigen und zugelassenen Prüfgesellschaft vorgenommen.

Bei der werkinternen Herstellung werden die Brückenelemente unter kontrollierten Bedingungen gestrahlt und mehrschichtig konserviert.

In Abhängigkeit von den Projektbedingungen werden die Schienen bereits werkseitig in den Silent Bridges®- Brückenelemente wie folgt eingebaut:

Nachdem der Trog und die Schiene mit einer Grundierung versehen wurden, wird die Einfederungsmatte auf die Trogsohle geklebt. Anschließend werden die Höhenplättchen (EDILON Shims) mit der geforderten Schienenneigung (z.B. 1:40) in Abständen von 2 m eingelegt.

Für den Ausgleich der Fertigungs- und Lagetoleranzen der Schienentröge, werden zusätzliche (ebene) Höhenplättchen (EDILON Shims) zur Höhenjustierung eingesetzt. Danach wird die Schiene in den Trog eingelegt. Zur seitlichen Ausrichtung und vorübergehenden Fixierung der Schiene werden elastische Keile (EDILON Wedges) verwendet. Nachdem die Schienenlage vom Vermesser geprüft und bestätigt worden ist, beginnt der Verguss der Schiene. Dieser erfolgt durch Mischung der beiden Corkelast®-Komponenten und durch Verguss des Freiraums zwischen dem Trog, der Einfederungsmatte und der Schiene.

#### 4.1.2 Transport der Brückenelemente zur Einbaustelle

Der Transport der Brückenelemente erfolgt üblicherweise mit Lkw oder auf dem Schiffsweg. Im Falle von kurzen Elementen (Länge bis zu ca. 15 m) ist auch der Antransport auf dem Schienenweg möglich. Die Ver-/ Entladung wird mit Hilfe von Kranen durchgeführt.

Im Falle einer Zwischenlagerung der Brückenelemente an der Einbaustelle (kein sofortiger Einbau) muß für eine ebene und setzungsfreie Lagerung (beispielsweise in Form von Holzbalken) gesorgt werden.

#### 4.1.3 Einbau der Brückenelemente

Die Brücke / Brückenelemente werden mit einem geeignetem Kran auf die entsprechenden Brückenlager aufgesetzt. Deren Einrichtung muß der Einbaurichtlinie für Brückenlager (VHFL-Richtlinie 2) entsprechen und abgenommen werden. Bei evtl. Ungenauigkeiten muß die Lage der Brücke / Brückenelemente an den Lagern korrigiert werden.

#### 4.1.4 Einbau der Schienen

Sollte der Einbau der Schienen nicht bereits werkseitig erfolgt sein, muß dieser gemäß der Beschreibung im Abschnitt 4.1.1 entsprechend den Trassierungsvorgaben auf der Baustelle durchgeführt werden. Vor dem Vergießen der Schienen muß entsprechende Abnahme der Gleisgeometrie durch entsprechenden Vermessungsdienst durchgeführt werden, um eine fehlerlose Gleislage und –höhe im Betrieb zu gewährleisten.

Die Vergussmasse härtet innerhalb weniger Stunden (ca. 2h) aus und ist für den Betrieb bereit. Diese Technik ermöglicht den Gleiseinbau in 4 bis 5 Stunden innerhalb einer nächtlichen Gleissperrung.

#### 4.1.5 Herstellung der Übergangsbereiche

Um das Brückengleis mit den angrenzenden Bereichen / Oberbauformen zu verbinden, müssen entsprechend der Planung Übergangskonstruktionen (siehe Abschnitt 3.3.1) ausgebildet werden.

#### 4.1.6 Abnahme / Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme muß eine Abnahme des Gleises durch entsprechende Stellen erfolgen.

Ein beispielhafter Bauzeitenplan/Bauablauf für den Einbau einer komplett neuen Brücke / Austausch des Brückenüberbaus kann der Anlage 3 entnommen werden.

## 4.2 Erneuerung des Gleisoberbaus auf einem bestehendem Brückenüberbau

### 4.2.1 Werkinterne Fertigung und Abnahme

Die werkinterne Fertigung der Oberbauelemente entspricht weitestgehend den im Abschnitt 4.1.1 geschilderten Maßnahmen.

### 4.2.2 Transport der Fahrbahnelemente zur Einbaustelle

Der Antransport der Oberbauelemente zur Einbaustelle entspricht weitestgehend den im Abschnitt 4.1.2 geschilderten Maßnahmen. Da die Fahrbahn-/ Oberbauelemente jedoch i.d.R. kleiner und leichter sind, als komplette Brückenelemente, kommen hier mehr Möglichkeiten in Frage. So ist beispielweise auch eine Verladung der Oberbauelemente von Eisenbahnwagons zur Einbaustelle mittels Portalkranen möglich (siehe Abb. 4-1).

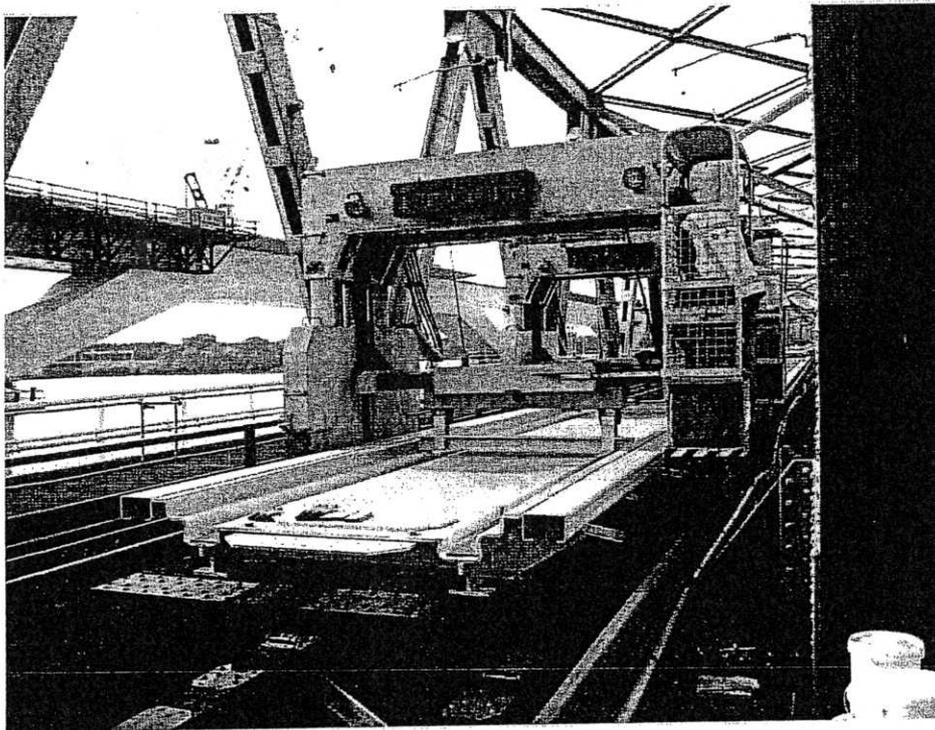


Abb. 4-1: Antransport von Fahrbahnelementen mit Portalkranen

### 4.2.3 Einbau der Fahrbahnelemente

Der Einbau von Fahrbahnelementen ist von der individuellen Form des bestehenden Brückenüberbaus abhängig. Um die Arbeiten möglichst effizient zu gestalten, muß die Konstruktion und die Vorgehensweise projektspezifisch konzipiert sowie auf die Gegebenheiten des bereits existierenden abgestimmt werden.

## 5 Wirtschaftliche Aspekte

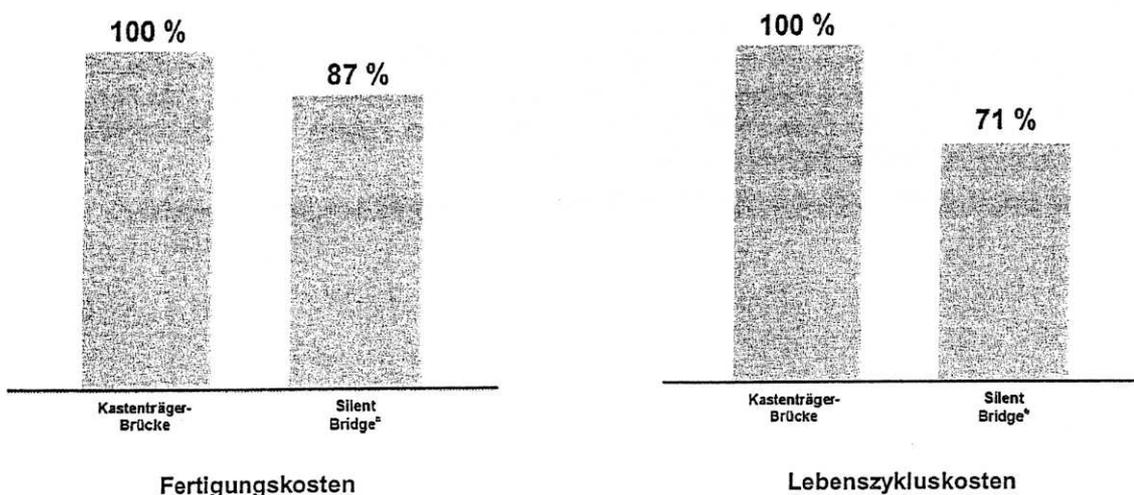
### 5.1 Betrachtung der wirtschaftlichen Aspekte beim Einbau

- Gesamtes Brückenelement / Fahrbahnelement wird werkseitig vorgefertigt. Damit wird eine Zeiteinsparung beim Einbau auf der Strecke erreicht (Brücke wird nur eingehoben und positioniert).
- Der Entgleisungsschutz wird aufgrund der speziellen Oberbaukonstruktion bereits bei der werkseitigen Fertigung integriert (Zeitersparnis und damit Kostenersparnis).
- Durch die Verkürzung der Einbauarbeiten auf der Strecke können die Sperrpausen minimiert werden.

### 5.2 Betrachtung der Anschaffungs-, Einbau und Betriebskosten (LCC)

Die folgende Aufstellung vergleicht die Kosten für eine Silent Bridge® und eine herkömmliche Brücke mit Fester Fahrbahn (eine Kastenträgerbrücke mit direktem Befestigungsstützpunkt). Dieser Vergleich basiert auf folgenden Annahmen:

- Spannweite: 30 m
- Lebensdauer: 50 Jahre
- Eine große Instandhaltungsmaßnahme nach 25 Jahren sowie mehrere kleine Instandhaltungsmaßnahmen
- Verkehrsbelastung: 25 Millionen Brutto-Tonnen pro Jahr
- Schienenaustausch nach 25 Jahren
- Zinsrate von 4 %
- Kosten des Einbaus der vorgefertigten Brückenkonstruktion wurden nicht berücksichtigt.



Diese Zahlen zeigen eindeutig, dass die Silent Bridge® sowohl was die Anschaffungskosten, als auch die Lebenszykluskosten betrifft, günstiger ist. Die niedrigen Baukosten werden durch die Tatsache erklärt, dass ein separater Entgleisungsschutz nicht erforderlich ist, und dass aufgrund einer geringeren Anzahl von Einzelelementen die ERS-Schienenbefestigung wirtschaftlicher ist als klassische Schienenbefestigungssysteme.

Die niedrigeren Lebenszykluskosten resultieren zum Teil aus den niedrigeren Kosten der Vormontage der Brückenkonstruktion. Wichtiger in diesem Zusammenhang ist jedoch die Tatsache, dass das EDILON Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung) – anders als direkte Schienenbefestigungen – weder Wartung oder Nachjustierung, noch Reparaturen erfordert. Die Folge davon ist auch die Vermeidung von Gleissperrungen, was ebenfalls zu Kosteneinsparungen führt. Das gleiche gilt für den Entgleisungsschutz, der in die Silent Bridge® bereits integriert ist und nicht gesondert ausgebildet werden muss.

## 6 Zertifizierungen und Zulassungen

Das EDILON Embedded Rail System (ERS-Schienenbefestigung) erfüllt sämtliche Anforderungen der Interoperabilität (TSI) der UIC und ist einsetzbar für Zuggeschwindigkeiten von über 300 km/h. Der Einsatz von Wirbelstrombremsen kann zu Schienentemperaturerhöhungen um 20°C führen, was jedoch keine Auswirkungen auf die Standsicherheit des Oberbaus mit Embedded Rail System hat. Dennoch müssen solche Temperaturerhöhungen besonders für Brückenanwendungen bei Berechnungen zusätzlich berücksichtigt werden.

Die Technische Universität München, Prüfamts für den Bau von Landverkehrswegen (Prof. Dr.-Ing. G. Leykauf) hat die mechanischen Eigenschaften und die Standsicherheit der ERS-Schienenbefestigung in Kombination mit Feste Fahrbahn-Trogplattensystem nach den einschlägigen deutschen Standards geprüft. Die Testergebnisse sind in den Forschungsberichten Nr. 1645 (1/10/1996), 1645a (5/6/1997) und 1868 (16/1/2001) dokumentiert. Die ERS-Schienenbefestigung ist in Deutschland durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) in Kombination mit der Festen Fahrbahn Bauart INFUNDO® für Hochgeschwindigkeitsstrecken ( $v_{max} \geq 300$  km/h) zur Betriebserprobung zugelassen. In Kombination mit dem STELFUNDO® Bahnübergang- und Gleistragplattensystem liegt für die ERS-Schienenbefestigung die EBA-Bauartzulassung bis  $v_{max} = 160$  km/h und die Anwendererklärung der DB Netz AG vor.

## 7 Projektreferenzen

Seit der Einführung der ersten Silent Bridge® im Jahr 1996 wurden Silent Bridges® in einer Länge von insgesamt mehr als 4000 m erfolgreich in Portugal, den Niederlanden, Irland und Schweden eingesetzt. Die jüngsten Projekte in Tilburg (18 Brücken mit einer Gesamtgleislänge von 414 m) und Hollands Diep (zweimal 1200 m Gleislänge) zeigen, dass die Nachfrage nach diesen leisen und wirtschaftlichen Brücken wächst.

Folgende Projekte sind bisher in der Silent Bridge®-Technologie ausgeführt worden:

	Name der Brücke	Standort	Art	Spannweite	Jahr
1	Nieuwe Vaart	Niederlande	Neue Brücke	2x12,5 m	1996
2	Xabregas	Portugal	Neue Brücke	5x20+13+16m	1997
3	Kelpen	Niederlande	Neue Fahrbahnplatten	160 m	1997
4	Beilen	Niederlande	Neue Brücke	7 m	1997
5	Vechtbrug / Berkum I	Niederlande	Neue Fahrbahnplatten	180 m	1998
6	Vechtbrug / Berkum II	Niederlande	Neue Brücke	180 m	1998
7	Zuidhorn	Niederlande	Neue Brücke	21 m	1998
8	Wexford	Irland	Neue Brücke	13,5 m	1999
9	Mullingar	Irland	Neue Brücke	23 m	1999
10	Vlaardingen	Niederlande	Neue Brücke	2 x 40 m	1999
11	Den Haag	Niederlande	Neue Brücke	60 m	1999
12	Scarsfielroad	Irland	Neue Brücke	13,5 m	2000
13	Ballymacthomas	Irland	Neue Fahrbahnplatten	33,5 m	2000
14	Anner viaduct	Irland	Neue Brücke	22,6 m	2000
15	UB 303	Irland	Neue Brücke	25 m	2000
16	Liffey	Irland	Neue Fahrbahnplatten	75 m	2000
17	Kopmannebro	Schweden	Neue Brücke	2x20 m	2001
18	Tilburg	Niederlande	Neue Brücke	18 x 23 m	2002
19	Oosterbeek	Niederlande	Neue Fahrbahnplatten	2 x 130 m	2002
20	UB 12 a	Irland	Neue Brücke	20 m	2002
21	Moerdijk	Niederlande	Sanierung der Oberbauplatte	2 x 1200 m	2003
22	Nieuwstad	Niederlande	Neue Brücke	56 m	2004 (geplant)
23	Demka (Utrecht)	Niederlande	Neue Fahrbahnplatten	2 x 240 m	2004 (geplant)

## 8 Anlagen

**Anlage 1:** Auszug aus der 16-ten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes

**Anlage 2:** Heerema Silent Bridges® - Longitudinal Forces Silent Bridge 30 meters

**Anlage 3:** Typischer Bauzeitenplan für eine "Silent Bridge®" Brücke

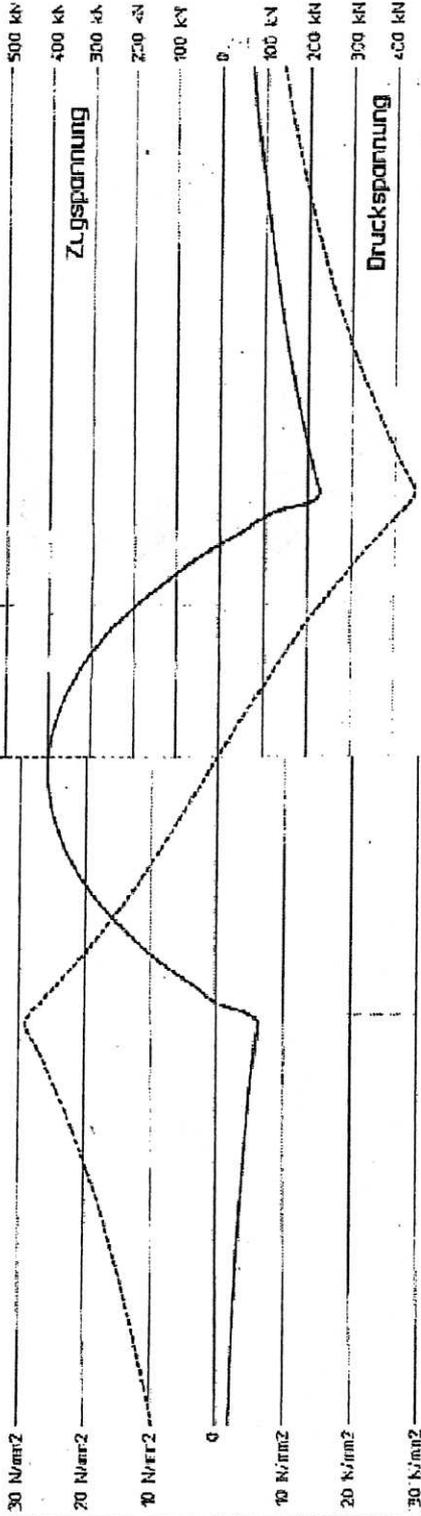
# Anlage 1

Auszug aus der 16-ten Verordnung zur Durchführung des Bundes-  
Immissionsschutzgesetzes

# Anlage 2

Heerema Silent Bridges® - Longitudinal Forces Silent Bridge 30 meters





Beachtungsangabe

Silent Bridge  
 Länge 3m mit konstantlich eingebetteter Schiene



Spannung in der Schiene mit der Höhe C  
 Spannung in der Schiene mit der Höhe D

- Parabeln
- Schwerkraftbelastung 20 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 40 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 60 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 80 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 100 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 120 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 140 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 160 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 180 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 200 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 220 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 240 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 260 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 280 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 300 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 320 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 340 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 360 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 380 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 400 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 420 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 440 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 460 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 480 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert
  - Schwerkraftbelastung 500 kN/m<sup>2</sup> mit 25% vermindert

- Wichtige Hinweise
- Spannung in der Schiene mit der Höhe C
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe D
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe E
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe F
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe G
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe H
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe I
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe J
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe K
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe L
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe M
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe N
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe O
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe P
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe Q
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe R
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe S
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe T
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe U
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe V
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe W
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe X
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe Y
  - Spannung in der Schiene mit der Höhe Z

Stahls: VRIJGEVEEN

Titel	Proj. Nr.	Proj. Datum	Proj. Status
Longitudinal Forces	30-09-2003	30-09-2003	Final
Client	Scale	Author	Check
Heerema Silent Bridges	1:100	J. Vrijgevee	J. Vrijgevee
Silent Bridge 30 meters	406-92	414961	
P.O. 40888, Bovenkerkerdijk Postbus 8053 3000 GA Utrecht T +31 (0)31 265 63 02 F +31 (0)31 265 63 94 www.heerema.nl			

Holland Railconsult

11-10-2003 11:21

## Anlage 3

Typischer Bauzeitenplan für eine "Silent Bridge®" Brücke

	Zeit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
<b>Tätigkeit</b>	Dauer																												
Gesamt	25 Std.																												
Einrichtung Sperrzeit	1 Std.																												
Entfernung Oberleitung	2 Std.																												
Ausbau alte Brücke (schotterloser)	2 Std.																												
Brückenlager - Vorbereitung	2 Std.																												
Übergang - Vorbereitung	3 Std.																												
Einbau neue Brücke	2 Std.																												
Vermessung & Ausrichtung - Gleis	4 Std.																												
Einbau - Corkelast	4 Std.																												
Aushärten - Corkelast**	3 Std.																												
Einbau Oberleitung	2 Std.																												
Schienenschweißungen	2 Std.																												

\* Typischer Einbau basierend auf 2 parallele Brücken, undefinierte Länge(15-20m) ohne zusätzliche Anschlussarbeiten (Übergänge usw.)

\*\* abhängig von Temperaturen