

Brücken - auf Gummi gelagert

Starr, stabil, unbeweglich und unverrückbar fest - das ist das Bild, das man sich gewöhnlich von einer Brücke macht. Die Römer haben sie einst auch so gebaut: Bogenbrücken und Aquädukte, bei denen Stein auf Stein geschichtet war - fugenlos und ohne jegliches „Spiel“. Römerbrücken sind somit in der Tat absolut starre Gebilde.

Die Brücken der Neuzeit sind das nicht. Eine moderne Brücke muss **nachgiebig** sein. Sie braucht **Luft** und **Bewegungsspiel** in der Horizontalen wie in der Vertikalen. Insofern stimmt also die übliche Vorstellung von einer Brücke nicht mehr. Solche Bauwerke sind nicht starr und unbeweglich. Sie dürfen es gar nicht sein. Und das aus drei Gründen:

- wegen der Baumaterialien, die heutzutage verwendet werden, nämlich Stahl und stahlbewehrter Beton statt gefügter Steine
- wegen der teilweise enormen freien Spannweiten und
- wegen ihrer ungleich höheren Belastung

Über römische Brücken gingen nur Fußgänger und Pferde und hoppelten allenfalls irgendwelche leichte, langsame Karren. Über ein modernes Brückenbauwerk rollen Personenautos in geschlossener Kolonne, Lastzüge von vielen Tonnen, Straßenbahnen, Eisenbahnzüge. Und das bedeutet keinesfalls nur lotrechte Last, also „Durchbiegung“ im gewöhnlichen Sinn, und nicht nur starke Vibrationen. Das bedeutet auch **horizontale Schiebekräfte** und somit **Belastungen** in Fahrtrichtung. Jedes Beschleunigen eines schweren Fahrzeugs schiebt nämlich die Fahrbahnoberfläche und somit die ganze Brücke ein wenig nach rückwärts, und jedes Bremsen drückt sie entgegengesetzt nach vorn. Wenn diese Horizontalkräfte aufgenommen werden, verformen sich die Brückenteile etwas, brauchen also Spiel.

Hinzu kommen Dehnung und Schrumpfung des Brückenmaterials bei Hitze bzw. Kälte. Nehmen wir für mitteleuropäisches Klima als tiefste Temperatur einmal - 40 °C und als höchste + 40 °C an, so verändert sich die Länge eines 10 m langen Stahlträgers um immerhin 9,2 mm, also fast 1 cm. Das ist schon was! Das gibt böse Spannungen, wenn da kein Spiel ist.

Brücken liegen auf Gummi

Alle diese Bewegungen - die horizontalen wie die vertikalen, die Druck- und Schiebekräfte und die Wärmedehnungsspannungen - müssen abgefangen und ausgeglichen werden. Und da nun kommt ein Material ins Spiel, von dem man zunächst einmal überhaupt nicht glauben möchte, dass es bei so wuchtigen Bauwerken wie Brücken überhaupt infrage kommt: Gummi oder gleich bedeutend Elastomere.

In der Tat sind moderne Brücken mit ihrer vertikalen Gewichtslast auf **Gummielemente** gelagert und Gummielemente wirken auch gegen horizontale Schiebekräfte

dämpfend. Ferner gleichen sie die Dehnungen und Schrumpfungen der Brückenteile durch die **Temperaturunterschiede** zwischen Tag und Nacht, zwischen Sommer und Winter aus. Und schließlich dämmen sie die Schwingungen und Vibrationen durch den Verkehr.

Bei den hier zu beschreibenden Elastomer- bzw. Brückenlagern (so nennt man solche Pufferelemente) handelt es sich aber nicht etwa um einfache Gummiklötze. Zwar gibt es im Bauwesen auch solche Ausführungen z. B. Topflager. Diese können aber nur dort eingesetzt werden, wo allenfalls geringe Bewegungen stattfinden: bei Tragsäulen in Hoch- und Tiefgaragen, bei aus Betonfertigteilen zusammengesetzten Lagerhallen, bei Gebäuden auch zur Schalldämmung.

Als Pufferelement beim Brückenbau werden in der Regel jedoch sog. bewehrte Baulager verwendet.

Solch ein Element sieht aus wie ein **Schichtkuchen**. Es liegen eine Gummischicht und eine Stahl-Blechsicht übereinander, gefolgt von einer weiteren Gummischicht und Blechsicht usw. Zum Schluss wieder eine Gummischicht, die alles abdeckt.

Die Bleche sind jeweils 2 bis 5 mm dick, die Gummischichten 5 - 18 mm. Der Sinn dieser Anordnung: Der Gummi gibt die gewünschte **Elastizität**, die Bleche sorgen für Festigkeit und Stabilität. Unbewehrter Gummi würde bei Bewegungskräften ausweichen und seitlich wegquetschen.

Die Größe bewehrter Baulager schwankt zwischen 10x10x1,4 cm und 90x90x33 cm (bei runden Lagern maximal 90 cm Durchmesser), wobei normal 2 bis 15 Bleche eingelegt sind.

Brückenkonstruktion

Jede Brücke hat konstruktiv einen Festpunkt. Das ist ein Auflager (1) an einer Ecke auf der einen Brückenseite, soz. an einem Ufer. Dies ist der Fixpunkt für das ganze Bauwerk.

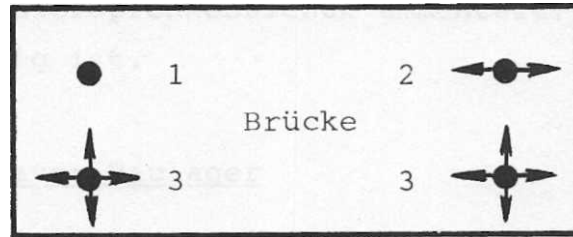
Hier liegt die Brücke auf einem Gummilager mit zusätzlicher Stahleinfassung an den Seitenflächen. Dieses Lager lässt nur vertikale Bewegungen und allenfalls kleine Drehbewegungen zu, nicht aber horizontale Verschiebungen.

An dem anderen Ende dieser Brückenseite liegt ein Lager (2) ebenfalls mit Stahleinfassung, jedoch so gestaltet, dass es neben den vertikalen auch horizontale Längsbewegungen aufnehmen kann. Man nennt so etwas ein „querfestes“ Lager.

An der anderen Seite der Brücke sind dann Lager (3) ohne Stahleinfassung eingebaut, die allseits beweglich sind und somit in allen Krafrichtungen arbeiten können: längs, quer und diagonal, vertikal.

All dies zusammen fixiert zum einen die Brücke und verhindert zum anderen Eigenspannungen im Überbau, d. h. das „Brückendeck“ kann sich bei Temperaturschwankungen strecken und zusammenziehen.

Widerlager



Widerlager

1) allseits festes Lager

2) einseitig bewegliches Lager

3) allseits bewegliches Lager

Im Übrigen gibt es an den Übergängen zwischen den Fahrbahn-Elementen sowie zwischen Fahrbahn und Widerlager an den beiden Ufern Verbindungsstücke, wiederum mit Stahlbewehrung. Sie schließen elastisch die zwischen Brücke und „Festland“ erforderlichen Fugen wasserdicht ab und verbessern darüber hinaus den Fahrkomfort.

Was Brückenlager leisten müssen

Die Anforderungen an all diese Brückenbaulager sind hoch, wie man sich ja denken kann. Denn die Last- und Schiebekräfte, die hier wirksam werden, sind enorm.

Hinzu kommen die wechselnden Temperaturen von Hitze und Frost und auch der Einfluss der UV-Strahlung der Sonne und des Ozons in der Luft. Ferner wird Unempfindlichkeit gegen Öl und Chemikalien, vor allem Tausalz, gefordert, mit denen nun einmal auf Brücken immer zu rechnen ist.

Zu alledem verlangt man gar noch eine lange Lebensdauer. Zwar muss nach den behördlichen Vorschriften jede Brücke abhebbar sein, um gegebenenfalls einzelne Baulager auswechseln zu können, doch kostet eine solche Aktion viel Geld, so dass die Langzeitfunktion eine wichtige Eigenschaft der Lager ist.

Die Normen EN 1337 (Teil 1-11) und früher DIN 4141 (Teil 1-14) beschreiben die Anforderungen für Lager im Bauwesen.

Materialeinsatz

Für derart vielfältige Anforderungen eignen sich ganz besonders gut sog. **Chloropren-Elastomere** (CR). Sie besitzen die vorher erwähnten erforderlichen Eigenschaften, allerdings bei sehr tiefen Temperaturen verhärten CR-Lager und verlieren ihre Elastizität.

Deshalb benutzt man beispielsweise in Skandinavien als Werkstoff für die Baulager **Naturkautschuk** (NR), der seine Elastizität bis in die tiefsten praktisch vorkommenden Temperaturen weitgehend beibehält. Da er aber ozonempfindlich ist, werden solche Lager mit **CR-Elastomer** ummantelt und so optimal gegen Ozonangriff geschützt.

Die Fertigung bewehrter Baulager

Ein paar Worte jetzt zur Herstellung solcher Lager. Die Produktion von Gummi geschieht immer in drei Schritten:

1. Mischen der einzelnen Bestandteile,
2. Formgebung und
3. Vulkanisation.

Zunächst wird in einem sog. Innenmischer und anschließendem Walzwerk die Kautschukmischung (Kautschuk, Füllstoffe, Ruß, Weichmacher, Alterungsschutzmittel und die zur Vulkanisation notwendigen Vernetzungsmittel) homogen gemischt.

Anschließend werden auf einem Kalandrierwerk Folien oder Bahnen in der gewünschten Dicke ausgewalzt bzw. kalandriert und schließlich auf das notwendige Format zugeschnitten.

Die zwischen zu lagernden Stahl-Bleche werden sandgestrahlt und entfettet, in einem Tauchbad oder per Spritzpistole wird ein Primer (Korrosionsschutz) aufgetragen und danach noch ein Haftvermittler aufgesprüht. (Der Haftvermittler bindet die Kautschukschicht bei der Vulkanisation chemisch an die Bleche und ermöglicht einen fest bleibenden Verbund mit der Elastomerschicht.)

Jetzt kommt der **Schichtenaufbau**, also das Übereinanderschichten von Kautschukfolie und Blech und Kautschukfolie und Blech usw. Zuletzt eine Kautschukschicht. Der insoweit dann fertige „Schichtkuchen“ kommt in eine beheizte Presse.

Dort wird er bei etwa 160 °C vulkanisiert. Dabei wandelt sich die plastische Kautschukmischung in den **thermostabilen, elastischen Gummi** um. Diesen Prozess, den übrigens jedes Gummiprodukt erfährt, nennt man „**Vulkanisation**“.

Die Vulkanisationszeit hängt von der Dicke des noch unvulkanisierten Lagerverbunds und von der gewählten Vulkanisationstemperatur ab. 20 - 30 Min. bis zu einigen Stunden, je nach Größe, bleibt das Lager in der beheizten Form unter Druck in der Presse. Dann ist es ausvulkanisiert und kann nach dem Abkühlprozess geprüft werden.

Nach einem Prüfplan wird auf Maßhaltigkeit und „Schubmodul“ kontrolliert. Der Schubmodul ist ein Maß für die Kraft, die man zum Verformen, also zum „Verschieben“ des Gummis braucht. Über Stichproben wird vereinzelt die Haftverbindung zwischen Stahl und Gummi ermittelt, wozu das Elastomerlager bzw. der Probekörper zerstört werden muss.

Neben der geregelten Kontrolle und Prüfung der Lager durch den Hersteller wird zusätzlich noch eine Fremdüberwachung durch unabhängige, akkreditierte Prüfinstitute beim Produzenten durchgeführt.

Doch nicht nur nach der Herstellung werden die einzelnen Baulager geprüft. Die amtlichen Vorschriften verlangen darüber hinaus eine **regelmäßige Überprüfung** der in der Brücke eingebauten Lager. In der Regel geschieht das einmal pro Jahr durch ein Bauprüfamt.

Die Einhaltung der strengen, behördlich geforderten Vorschriften und Richtlinien sichern die Erfüllung der hohen Ansprüche an die Funktion der Elastomerlager auch bei höchsten Belastungen.

So können Brücken, die durch Hochgeschwindigkeitszüge extremen Kräften unterliegen, z. B. durch den Einsatz von Gleitlagern mit neuen Gleitwerkstoffen, wie modifiziertem Polyethylen, anstelle von bisher eingesetzten PTFE-Gleitschichten, wesentlich höhere Verschiebegeschwindigkeiten und höhere Lebensdauer aufweisen.

250 t auf einem Lager

Zum Schluss noch ein praktisches **Anwendungsbeispiel** für solche Brückenlager:

Der 3,8 km lange Brückenabschnitt der Europastraße E3 im Hafen- und Dockgebiet Richtung Elbtunnel Hamburg ruht auf rund 2.000 bewehrten Gummilagern.

Millionen von Autos sind seit der Einweihung im Jahre 1972 über diese Brücke gerollt, ohne dass in dieser Zeit die Lager gelitten und ihre Eigenschaften sich verschlechtert haben. Und das bei zeitweise 250 t (oder in modernen Kraftereinheiten gesprochen 2.500 Kilonewton) Druckbelastung pro Auflager und bei seitlichen Verschiebungen bis zu 26 mm.

Man könnte sprachlich etwas salopp formulieren: Bewehrte Gummilager haben sich bewährt!

