

Die Verwendung von Teflon zur Verminderung der Reibungsverluste in den Spannkanälen vorgespannter Tragwerke

Autor(en): **Elsaesser, H.G.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **81 (1963)**

Heft 7

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-66719>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

4. Die wirksame Durchführung von Lärmbekämpfungsmassnahmen

Aus dem Vorhergehenden geht hervor, dass gewisse Grundlagen zu einer Baulärmbekämpfung vorhanden sind. Natürlich hängt deren wirksame Durchführung von den dazugehörigen Vorschriften und Gesetzen ab. Diese sollten zumutbare Massnahmen gegen den Lärm enthalten; in erster Linie wären die Lärmgrenzen für bestimmte Maschinenarten oder für eine ganze Baustelle festzusetzen. Mit Hilfe dieser Lärmgrenzen könnte dann über die Zulässigkeit von Baumaschinen entschieden werden, und zwar mittels einer sogenannten Typenprüfung. Die Typenprüfungsvorschriften müssten vorgeschriebene Versuche enthalten, die einen Vergleich von Maschinen verschiedener Hersteller ermöglichen. Die Arbeitsbedingungen sowie die Messanordnung sollten darin für jede Maschinenart genau angegeben sein, damit man die Versuche jederzeit reproduzieren kann.

Bei der Anschaffung von neuen Maschinen ist unbedingt den Fragen der Lärmbekämpfung mehr Beachtung zu schenken. Leider wird von Seite der Maschinenfabriken, die die Baumaschinen liefern, vorläufig nur sehr wenig unternommen, um geräuscharme Maschinen herzustellen. Es ist klar, dass der Hersteller nur dann solche Baumaschinen konstruieren und liefern wird, wenn sie vom Bauunternehmer verlangt und die allfälligen Mehrkosten getragen werden. Der Unternehmer seinerseits wird nur dann geräuscharme Maschinen kaufen und betreiben, wenn ihm dies vom Bauherrn vorgeschrieben ist. Vielleicht sollte bei der Erteilung der Baubewilligung ein Druck auf den Bauherrn ausgeübt werden, damit er die Vergebung seiner Aufträge von gewissen Bedingungen hinsichtlich Lärmbekämpfung abhängig macht. Vor allem aber besteht die dringende Notwendigkeit, in der Gesetzgebung den Bestrebungen zur Lärmverminderung den nötigen Nachdruck zu verleihen.

Die Verwendung von Teflon zur Verminderung der Reibungsverluste in den Spannkanälen vorgespannter Tragwerke

DK 624.012.47.002.52

Von H. G. Elsaesser, dipl. Ing., Bern

1. Allgemeines

Durch die Umlenkung der Spannglieder in vorgespannten Bauwerken entstehen bekanntlich Reibungskräfte, welche der eingeleiteten Spannkraft entgegenwirken. Die Reibungsverluste werden nach dem Coulomb'schen Seilreibungsgesetz berechnet, welches folgendermassen formuliert werden kann:

$$V_x = V_0 \cdot e^{-(\mu \alpha + kx)}$$

V_x = Vorspannkraft in der Entfernung x von der Spannstelle

V_0 = Vorspannkraft an der Spannstelle

μ = Reibungskoeffizient für gewollte Umlenkkräfte

k = Reibungskoeffizient für ungewollte Umlenkkräfte

α = Summe der Umlenkwinkel

Auf Grund der Erfahrung kann für die Reibung der Stahldrähte auf gewellten Hüllrohren mit folgenden Reibungskoeffizienten gerechnet werden:

$$\mu = 0,20 \div 0,25$$

$$k = 0,08 \cdot 10^{-2} \div 0,12 \cdot 10^{-2}/m'$$

Berechnet mit diesen Koeffizienten, kann der Spannkraftabfall infolge Reibung erheblich sein. Es ist daher von grossem wirtschaftlichem Interesse, die Reibungsverluste zu verringern. Nachfolgend wird dargelegt, wie durch Verwendung von Teflon diese Verluste in Spannkanälen um ungefähr 75 % herabgesetzt werden können.

Dass sich durch eine Verminderung der Anzahl Spannkabel auch konstruktive Vorteile ergeben, ist einleuchtend.

2. Versuche mit Teflon als Gleitfläche für die Spanndrähte

2.1 Zweck der Versuche

Dieser bestand erstens in der Ermittlung der Reibungskoeffizienten zwischen Spannstahl und Teflon, zweitens in der Ermittlung der Abriebfestigkeit von Teflon.

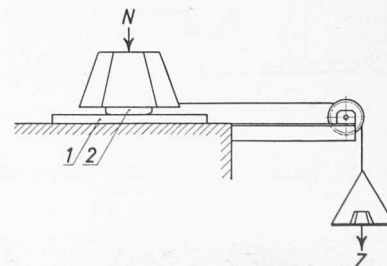
Polytetrafluoräthylen, unter dem Handelsnamen Teflon bekannt, ist ein durch Zusammenlagerung von mehreren Molekularstrukturen (Polymerisation) aus einem Fluoräthylen hergestellter Kunststoff. Neben seiner grossen Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse, seiner Witterungs- und Alterungsbeständigkeit besitzt Teflon hervorragende Gleiteigenschaften.

2.2 Vorversuch

Die Versuchsanordnung war folgende: Ein Schlitten, mit Spannstahlabschnitten als Kufen und einer die Umlenkkräfte simulierenden Normalkraft N als Belastung, wurde über verschiedenartige Gleitflächen gezogen (Bild 1). Als Gleit-

Bild 1. Anordnung des Vorversuches

- 1 Gleitfläche, zusammengesetzt aus Stahlblech, PVC-Platte und Teflon
- 2 Spanndrähte $\varnothing$ 8 mm
- N Normalkraft
- Z Zugkraft



flächen wurden ein Stahlblech, eine PVC-Platte und eine Teflonfolie verwendet. Aus der Normalkraft N und der Ueberwindung der Haftreibung notwendigen Zugkraft Z konnten die Haftreibungskoeffizienten μ für verschiedene Gleitflächen und Linienpressungen bestimmt werden.

$$\mu = \frac{N}{Z}$$

Bild 2. Haftreibungskoeffizient in Funktion der Normalkraft. Gleiten von zwei Spannstahlabschnitten:

- 1 auf Stahl
- 2 auf PVC
- 3 auf Teflon

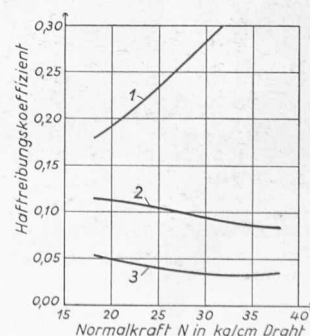


Tabelle 1 Resultate des Vorversuchs

Gleitfläche	N kg	Z kg	μ
Stahlblech	201	38	0,19
	252	59	0,23
	304	86	0,28
PVC-Platte	201	23	0,11
	252	26	0,10
	304	28	0,09
	355	30	0,08
Teflonfolie	201	10	0,05
	252	10	0,05
	304	11	0,04
	355	12	0,03

Das Diagramm Bild 2 zeigt den Haftreibungskoeffizienten μ in Funktion der Normalkraft, für verschiedene Gleitflächen. Der Reibungskoeffizient Spannstahl/PVC-Rohr von $\mu = 0,10$ hat sich anlässlich der Vorspannung von vier Behältern (Durchmesser 36 m) bestätigt.

Der Versuch hat eindeutig gezeigt, dass ein auf Teflon gleitender Spannstahl einen mehr als viermal kleineren Reibungswiderstand aufweist als ein auf einem Stahlblech gleitender Draht. Interessant ist ferner das Abnehmen des Reibungsbeiwertes bei zunehmender Linienpressung.

Tabelle 2 Resultate des Versuchs am Prüfbalken

Unterlage	V_0	V_x	μ
Unbehandeltes Hydrawellrohr	90 t	83 t	0,23
Hydrawellrohr mit aufgespritztem Teflonfilm	90 t	89 t	0,03
Teflonfolie, aufgeklebt auf ein dünnes Blech	90 t	89 t	0,03

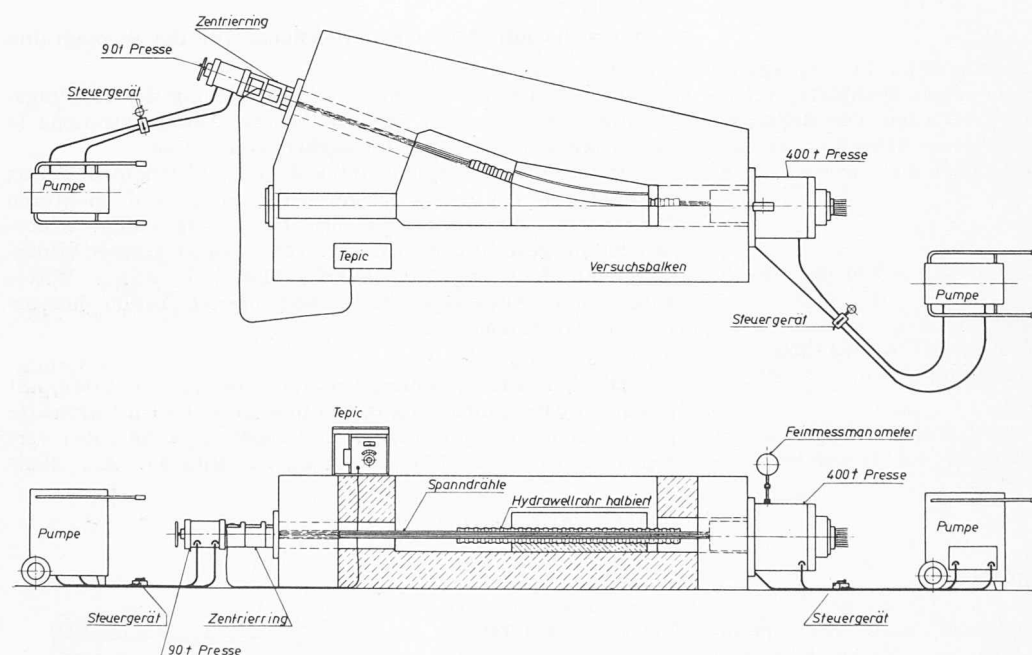


Bild 3. Prüfbalken für gerade und gekrümmte Kabel

2.3 Versuch am Prüfbalken

Die Versuchsanordnung ist aus den Bildern 3 und 4 ersichtlich. An Spanngliedern VSL¹⁾ 90 t MM (18 Ø 8) mit Längen von 4,3 m, Umlenkswinkeln von 20° und Umlenkradien von 3 m wurden auf der einen Seite die Initialvorspannkraft V_0 eingelegt und auf der Gegenseite die ankommenden Spannkraft V_x gemessen.

Die Spanndrähte glitten 1. Auf unbehandelten Hydrawellrohren, 2. Auf Hydrawellrohren mit aufgespritztem Teflonfilm, 3. Auf einer Teflonfolie, aufgeklebt auf ein dünnes Blech.

Die Reibungskoeffizienten μ wurden aus den Werten V_0 , V_x und der Annahme von $k = 0$ errechnet.

Die ausserordentlich schönen Resultate, sowohl in bezug auf den Reibungswert als auch auf die Abriebfestigkeit, ermutigen namhafte Ingenieure, Teflon bei ihren Spannbetonprojekten vorzusehen.

3. Konstruktive Durchbildung

3.1 Parabolische oder kreisrunde Kabelführung

Bei parabolischer Kabelführung — oder kreisrunder, wie sie im Behälterbau vorkommt — erhalten die Hüllrohre auf den «Wellenbergen» einen Teflonfilm. Die «Wellentäler», welche mit dem Spanndraht nicht in Berührung kommen, bleiben unbeschichtet. Der Verbund zwischen Injektionsgut und Hüllrohr ist somit hinreichend gewährleistet (Bild 5).

Bei zwei durch das Ingenieurbüro Emch & Berger, Bern, projektierten vorgespannten Faulräumen der Abwasserreinigungsanlage Bern kann man die Kabel mit teflonierten Hüllrohren um den ganzen Behälter schlingen, statt sie nach je 90° abzuspannen, wie dies die konventionelle Bauweise verlangt hätte.

3.2 Polygonale Kabelführung

Bei polygonaler Kabelführung werden lediglich die Umlenkstellen mit Teflon beschichtet, da die Drähte ausserhalb den Umlenkungen

1) Vorspannsystem VSL siehe SBZ 1959, H. 47, S. 773.

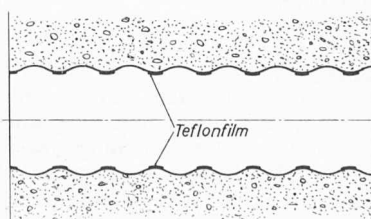
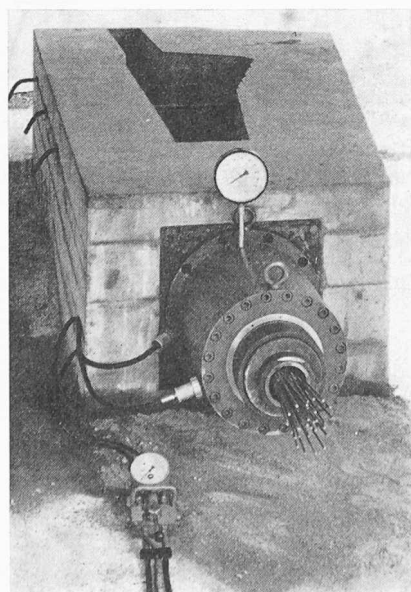


Bild 5. Hüllrohr mit partiellem Teflonfilm

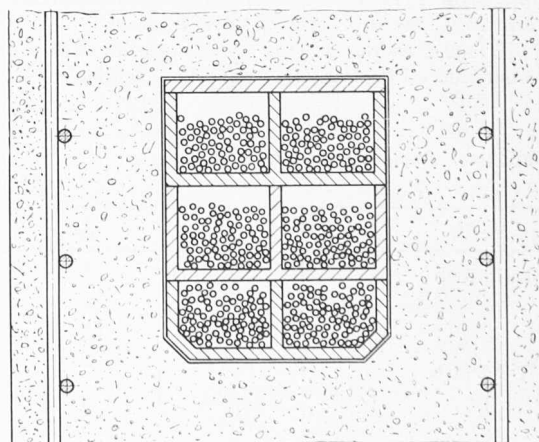


Bild 6. Umlenkstelle eines Kabelkastens mit teflonbeschichteter Wabe

Bild 4 (links). Versuchsbalken mit Presse und Instrumenten

mit dem Hüllrohr oder dem Kabelkasten nicht in Berührung kommen.

Bei grosser Spannkraftkonzentration ist es angezeigt, die Spanndrähte nicht in einer Vielzahl von einzelnen Hüllrohren, sondern in einem einzigen Kabelkasten unterzubringen. An den Umlenkstellen werden mit Teflon beschichtete Waben angeordnet. Durch eine Zelle der Wabe führen nur Stahldrähte, welche gleichzeitig gespannt werden (Bild 6).

Für die Längsvorspannung der Autobahnbrücke über die Aare bei Wangen (Projekt Ingenieurbüro P. Kipfer, Bern) kommen die oben beschriebenen Kabeldrähte zur Anwendung. Ein Kabelkasten wird dort über 700 Spanndrähte

Ø 7 mm aufnehmen, welche an den Enden mit üblichen VSL-Verankerungen und VSL-Geräten verankert und gespannt werden. Vorgängig diesem grossen Bau wird eine vom Ingenieurbüro Weder & Prim, Bern, projektierte Autobahnüberführung in analoger Weise gespannt.

Zusammenfassend soll noch einmal betont werden, dass, mit Hilfe von Teflon, die Spannkraftverluste gewaltig verringert werden, und damit erheblich an Spannstahl eingespart werden kann.

Adresse des Verfassers: H. G. Elsaesser, dipl. Ing., Spannbeton AG, Monbijoustrasse 49, Bern.

Die Monbijoubrücke in Bern

DK 624.21 : 624.012.47

Projektverfasser: Ingenieurbüro Hartenbach & Wenger, Bern

Dass es sich beim Bau der Monbijoubrücke in Bern um ein grosses Werk handelt, geht aus der originell zusammengestellten Gedenkschrift¹⁾ hervor, die zum Anlass der Brückeneinweihung am 8. September 1962 durch das Tiefbauamt der Stadt Bern herausgegeben wurde. Das 38 Seiten umfassende Heft, im Querformat A 4, ist reichhaltig illustriert.

Dem Eingangswort des städtischen Baudirektors I folgt ein geschichtlicher Rückblick von Fürsprecher Dr. P. Siegenthaler, Bern. Für das alte Bern bedeutete eine Brücke über die Aare, als Einfallstor in die Stadt, Gefahr. Der geschichtliche Rückblick, der bis ins 13. Jahrhundert zurückgreift, zeigt dann die ganz andere Bedeutung des Aareüberganges in den Jahrhunderten der Entwicklung Berns. Eine Brücke folgt auf die andere, und schon sehr früh lässt sich durch die ganze Geschichte hindurch ein roter Faden erkennen, der mit dem Bau der Monbijoubrücke weitergesponnen werden soll.

Die Idee der Monbijoubrücke an ihrem heutigen Standort geht ins Jahr 1881 zurück und hat ihren Ursprung in dem sogenannten Kirchenfeldvertrag zwischen der Gemeinde Bern und einer englischen Gesellschaft. In eine öffentlich-rechtliche Rechtsform wurde die Idee einer Brückenverbindung zwischen dem Kirchenfeld und dem Gebiet Monbijou-Sulgen-

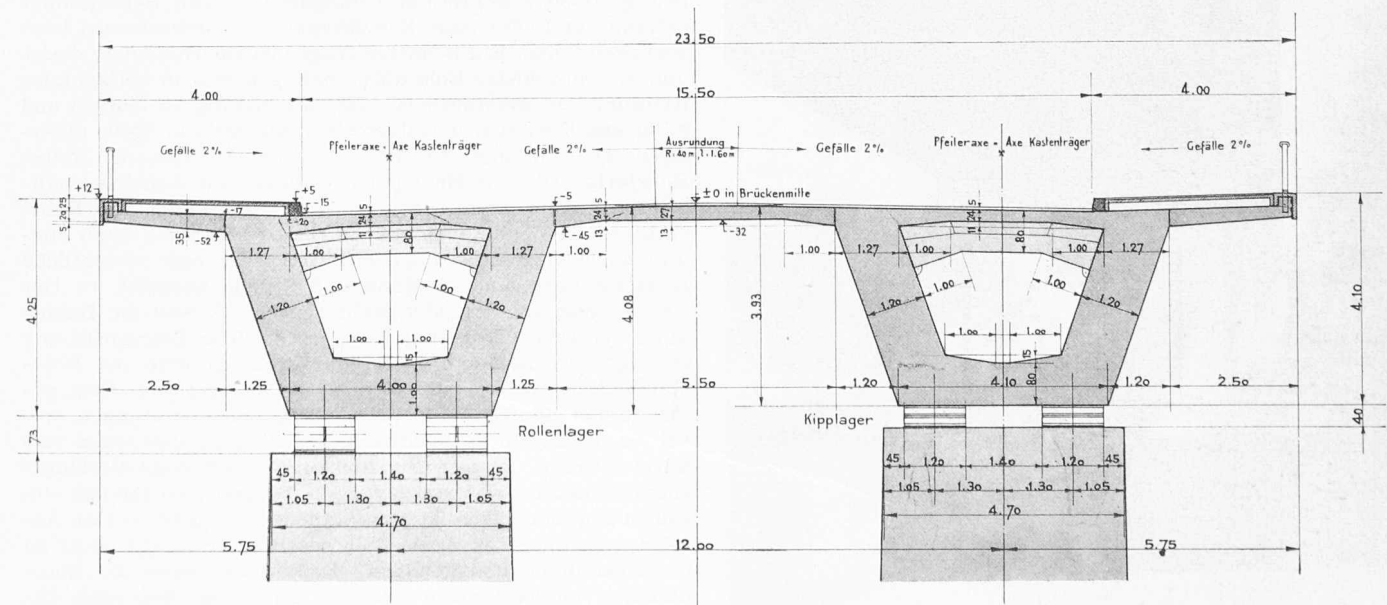
bach 1896 mit der Genehmigung des entsprechenden Baulinienplanes durch die Gemeinde gekleidet. 1917 war dann erstmals die Rede von einer Hochbrücke über die Aare. Vor allem dem Bau der Brückenanschlüsse und Zufahrten gingen die Genehmigungen verschiedener Baulinienpläne voraus, wobei den Stimmbürgern die Bewilligungen von Teilkrediten vorzulegen waren. Auch die Wahl des Brückennamens, ursprünglich Gaswerkbrücke, verlangte viel Sorgfalt.

Der Stadtplaner, Hans Bosshardt, dipl. Ing., schreibt über die Bedeutung der Monbijoubrücke im städtischen Verkehrssystem. Sein geschichtlicher Rückblick beleuchtet vor allem die Verkehrsbedürfnisse in den verschiedenen Zeitepochen. Die Gesamtplanung mit der Verkehrsprognose bis 1980 steht im Zeichen des Gutachtens Walther und Leibbrand von 1954²⁾. Die Verkehrszählungen zeigen nur 9 % Durchgangsverkehr, weshalb dieser Strassenzug nicht die Bedeutung einer Nationalstrasse erhielt. Aus der Tatsache, dass er die Verbindung zu den umliegenden Gemeinden herstellt, wird ein Interesse des Kantons abgeleitet, welches sich im entsprechenden Staatsbeitrag widerspiegelt.

Stadttingenieur Hans Walker beschreibt die Projektierung und den Bau der Monbijoubrücke. Der bewegten Vorgeschichte folgt ein zusammengefasster Bericht über das Ausführungsprojekt des Ingenieurbüros Hartenbach und Wenger in Bern. Die Balkenbrücke in Spannbeton ging aus der Ueberarbeitung verschiedener Entwürfe hervor, die ihrerseits einem öffentlichen Wettbewerb im Jahre 1942 entsprungen sind.

²⁾ Siehe Bericht in SBZ 1955, Nr. 1, S. 7; daselbst auch weitere Literaturhinweise.

¹⁾ Die Monbijoubrücke. Gedenkschrift zur Einweihung der Monbijoubrücke in Bern am 8. September 1962. 1. Die Idee einer früheren Zeit, das Werk von heute, von P. Siegenthaler. 2. Die Bedeutung der Monbijoubrücke im städtischen Verkehrssystem, von H. Bosshardt. 3. Projektierung und Bau der Monbijoubrücke, von H. Walker. 37 S. und 1 Tafel. Bern 1962, Städtische Baudirektion I. Preis 4 Fr.



Monbijoubrücke in Bern. Querschnitt 1:150 (links über den seitlichen Pfeilern, rechts über dem Mittelpfeiler)