

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103 (1985)  
**Heft:** 43

**Artikel:** Tunnelverkleidungen: Bemessung unter Berücksichtigung von Biegezugrissen  
**Autor:** Kessler, Erwin / Gloor, Max  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-75912>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Tunnelverkleidungen

## Bemessung unter Berücksichtigung von Biegezugrissen

Von Erwin Kessler, Tuttwil, und Max Gloor, Zürich

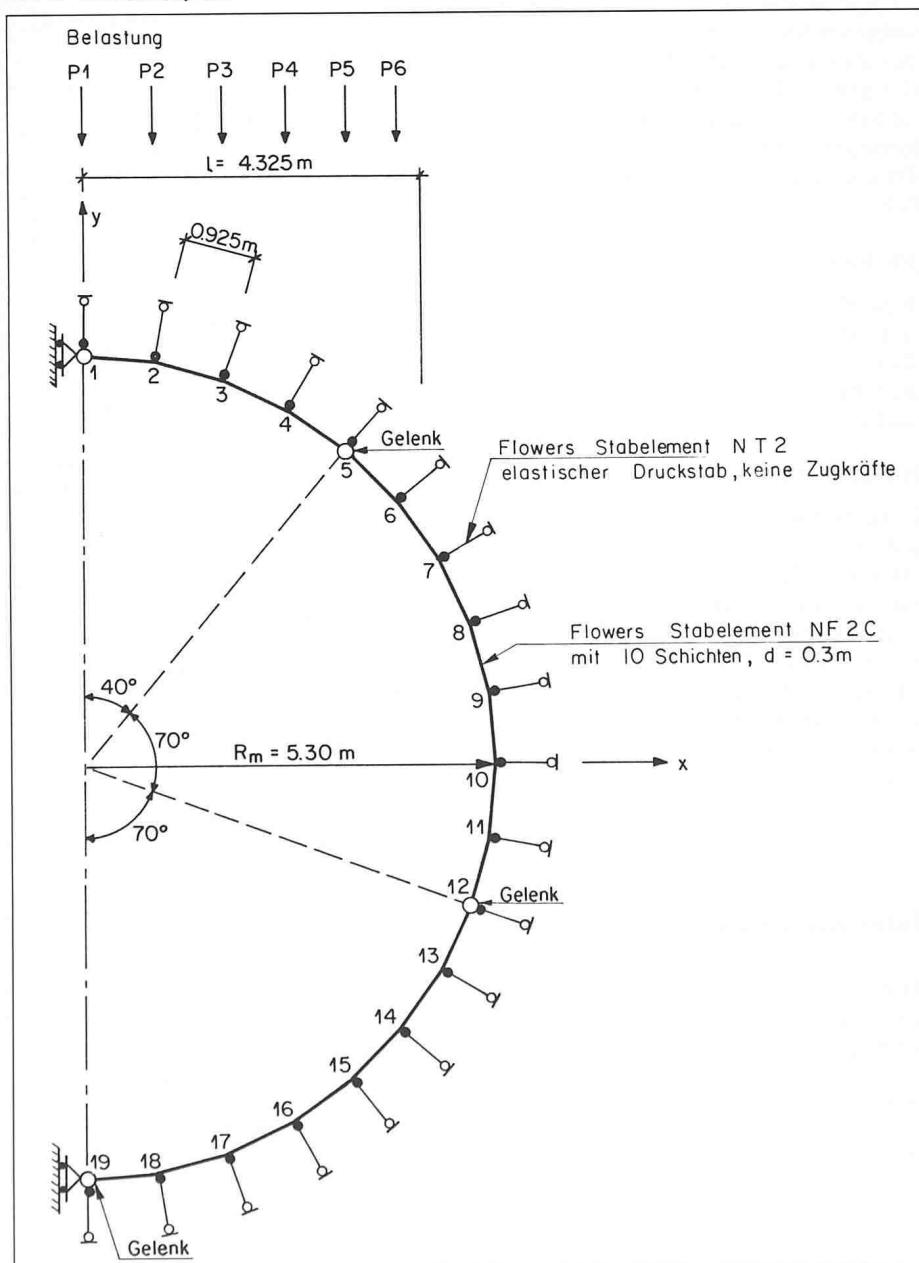
Mit nichtlinearen Berechnungen zur Berücksichtigung von Biegezugrissen ist es möglich, das statische Verhalten von Tunnelverkleidungen wesentlich realistischer zu erfassen. Für den Zürichbergtunnel hat sich gezeigt, dass das Tragvermögen durch eine nach elastischer Berechnung notwendige Biegearmierung in Wirklichkeit nicht wesentlich erhöht wird.

### Tunnelverkleidungen sind Gewölbe, keine Biegeträger

Tunnelverkleidungen sind von den Tunnelbauern schon immer als Gewölbe verstanden worden. Alten, gemauerten Tunnels ist das direkt anzusehen: die vielen Fugen sind nicht geeignet, Biegemomente aufzunehmen. Das Ge-

wölbe wird primär durch Normalkräfte beansprucht. Biegemomenten entzieht es sich durch Verformungen. Dieser Vorgang ist möglich dank dem Zusammenwirken mit dem Gebirge: in der Regel stellt sich schon bei geringer Verformung das ideale Tragverhalten (Stützlinie) ein. Die Beweglichkeit in den Mauerwerksfugen erleichtert dieses Verhalten.

Bild 2. Statisches System



In einer monolithischen Betonverkleidung übernehmen Biegezugrisse diese Funktion der Mauerwerksfugen. Wird in tunnelstatischen Berechnungen die Verkleidung linear-elastisch modelliert, ergibt sich eine starke Biegearmierung, die in neuerer Zeit besonders im Ausland in vielen Tunnelprojekten tatsächlich anzutreffen ist und hohe Kosten verursacht.

### Nichtlineare Risselemente ermöglichen realistische Berechnungen

Der oft auffallende Unterschied zwischen «empirischem» und «ingenieurwissenschaftlichem» Tunnelbau lässt sich durch angepasste Rechenmodelle wesentlich abbauen. Dazu ist not-

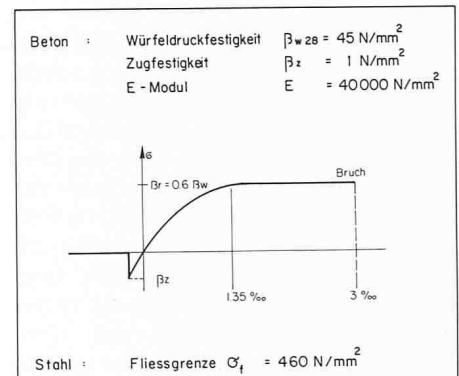
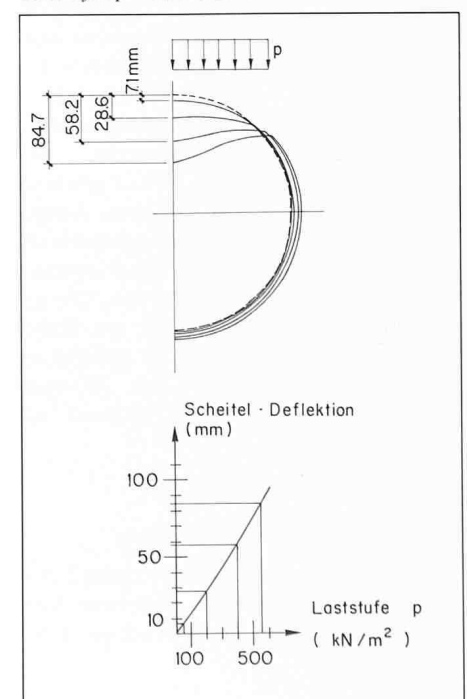


Bild 1. Materialeigenschaften und Bruchkriterium für Tunnelgewölbe

Bild 3. Nichtlineare Entwicklung der Deformation mit zunehmender Belastung. Beton unarmiert, Bettung  $C = 50 \text{ MN/m}^3$ . Laststufen  $p = 0.05/0.20/0.40/0.565 \text{ MN/m}^2$ .



**S-Bahn Los 6.01 Zürichbergtunnel****Bauherr:**

SBB, Bauabteilung Kreis III

**Projekt und Bauleitung:**Ingenieurgesellschaft  
Toscano-Heierli-Schindler**Unternehmer:**ARGE Locher-Prader-Züblin  
Brunner's Erben-CSC-Granella

wendig, die Entstehung von Biegezugrissen in unarmierten Betongewölben auch rechnerisch zuzulassen. Für den Zürichbergtunnel wurde dies mit dem Finiten-Element-Programm FLOWERS realisiert. Es konnte z. B. gezeigt werden, dass die fertig eingebauten Tübbings keine Biegearmierung benötigen, da ihr Tragvermögen dadurch nur unwesentlich beeinflusst wird. Auch grosse Schwelldrücke (Tonmergel) lassen sich so mit einer wesentlich wirtschaftlicheren Verkleidung aufnehmen als elastisch berechnete und bei ausländischen S-Bahnen ausgeführte.

### Einfluss der Biegearmierung

Die Armierung kann nur ein Biegemoment aufnehmen, das klein ist verglichen mit der Normalkraftexzentrizität im unarmierten Fall. (Bei weicher Bet-

Berechnungsfall	Radiale Bettungsziffer $C$	Bruchbeginn (Betonrandstauchung $\epsilon_r = 3\text{‰}$ )			
		Scheitellast	Vertikale Verschiebung im Scheitel	Horizontale Auswärtsbewegung im Knoten 5	Höhe der Beton-druckzone
	MN/m <sup>3</sup>	MN/m <sup>2</sup>	cm	cm	cm
U 5 keine Armierung	50	0.565	8.5	2.8	12
U 6 $\mu = 0.12\%$ $Fe = Fe' = 3.35 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ( $\varnothing 8$ , $t = 150 \text{ mm}$ )	50	0.58	8.6	2.9	12
U 7 $\mu = 0.28\%$ $Fe = Fe' = 7.54 \text{ cm}^2/\text{m}'$ ( $\varnothing 12$ $t = 150 \text{ mm}$ )	50	0.60	8.8	2.9	13
U 8 keine Armierung	20	0.42	14.2	4.9	8

Erforderlicher Armierungsgehalt bei linear-elastischer Bemessung und einer Bruchlast von  $0.565 \text{ MN/m}^2$  bei  $C = 50 \text{ MN/m}^3$ ,  $\mu = \mu' = 3.8\%$  bzw. dickere Verkleidung

Tab. 1. Einfluss der Biegearmierung auf die Bruchlast

tung, im Lockergestein, könnte dies anders sein.). Zudem bewirkt eine Armierung eine Steifigkeitserhöhung, die ihrerseits eine grössere Momentenbeanspruchung anzieht. Es ist deshalb nicht erstaunlich, dass der Nutzen der Biege-

armierung gemäss Abb. 3 und Tab. 1 gering ist.

Adressen der Verfasser: Erwin Kessler, Dr. Ing. ETH/SIA, 9546 Tutwil TG (vormals bei Ingenieurbureau Heierli AG); Max Gloor, dipl. Bauing. ETH, Ingenieurbureau Heierli AG, 8033 Zürich.

## Neue Rohrvortriebsmethode für durchlässigen Baugrund

In stark durchlässigem Baugrund wie z.B. Schotter mit Grundwasser ist das Pressvortriebsverfahren für Rohre nur anwendbar, wenn der Baugrund genügend abgedichtet und verfestigt werden kann. Beim GU-Jetting-Verfahren wird der Boden mit einer speziellen Injektionsmischung verdichtet und verfestigt, worauf das vorgesehene Rohr eingepresst wird. Das Verfahren ist eine Weiterentwicklung des für vertikal erstellte Baugrubensicherungen bereits erprobten Jet-Grouting-Verfahrens.

### Situation

Die Stadt Schaffhausen erstellt im Rahmen eines Sanierungsprogramms des

städtischen Kanalnetzes einen Sammelkanal vom Busdepot beim Schwabentor bis zum Rheinuferkanal. Die heutige Leitung liegt im Bereich Bachstrasse direkt im Profil des eingedeckten Gerber-

bachs. Die Sanierung ist erforderlich, weil der bestehende Kanalquerschnitt zu klein ist; ausserdem ist der Kanalunterhalt im Bachprofil schwierig und kostspielig.

Die Bachstrasse ist die am stärksten frequentierte Strasse des Stadtgebiets. Verkehrsumleitungen sind daher praktisch nicht möglich, die Sanierungsmassnahmen müssen unter Aufrechterhaltung des Verkehrs erfolgen. Bei der Wahl des Bauverfahrens wurde aus diesem Grund der Lösung mittels Pressvortrieb der Vorrang gegeben.

Bild 1. Querschnitte Bachstrasse, Schaffhausen

