

# Tunnelverkleidungen: Bemessung unter Berücksichtigung von Biegezugrissen

Autor(en): **Kessler, Erwin / Gloor, Max**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 43

PDF erstellt am: **26.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75912>

## **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.

# Tunnelverkleidungen

## Bemessung unter Berücksichtigung von Biegezugrissen

Von Erwin Kessler, Tuttwil, und Max Gloor, Zürich

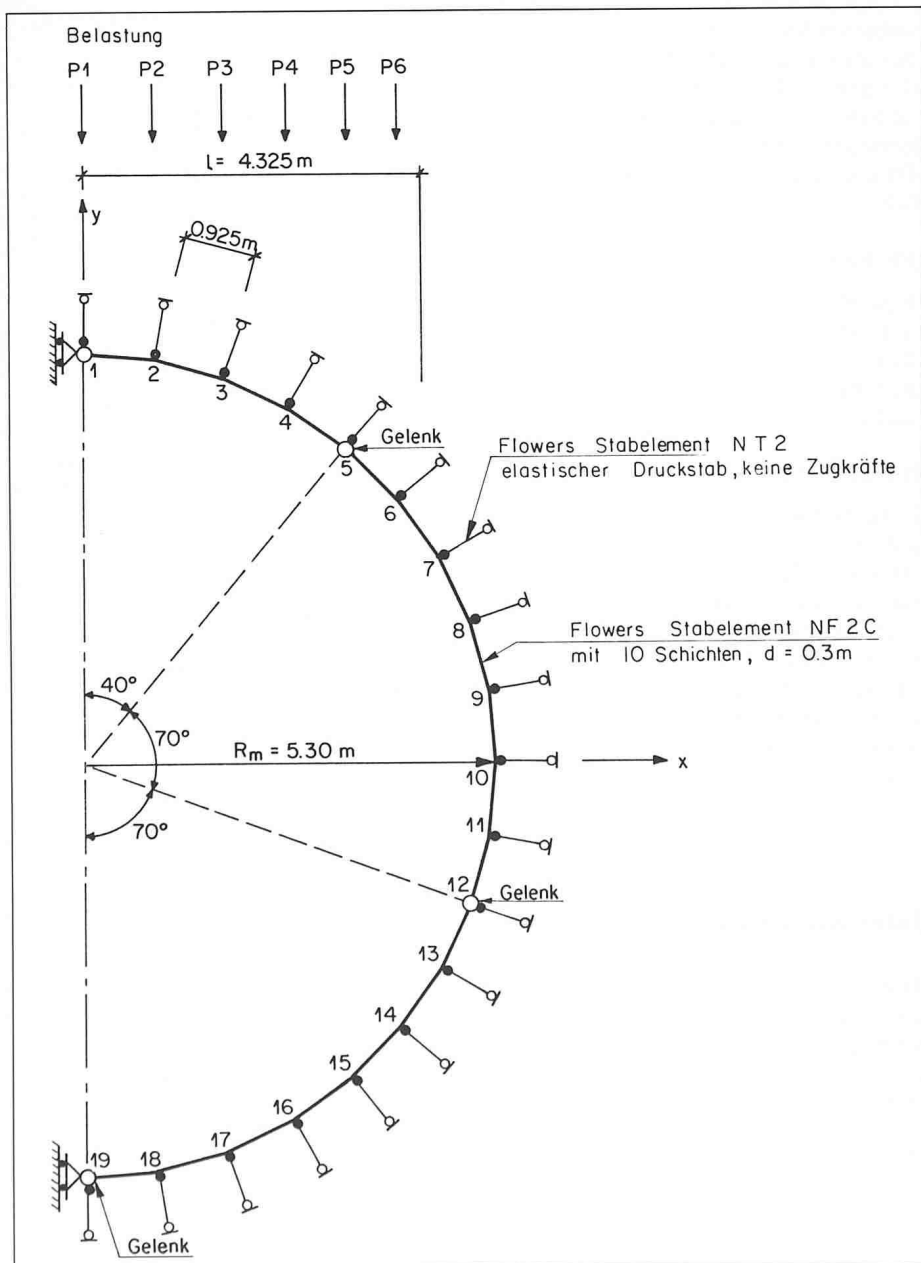
Mit nichtlinearen Berechnungen zur Berücksichtigung von Biegezugrissen ist es möglich, das statische Verhalten von Tunnelverkleidungen wesentlich realistischer zu erfassen. Für den Zürichbergtunnel hat sich gezeigt, dass das Tragvermögen durch eine nach elastischer Berechnung notwendige Biegearmierung 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 (Stützzlinie) 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-

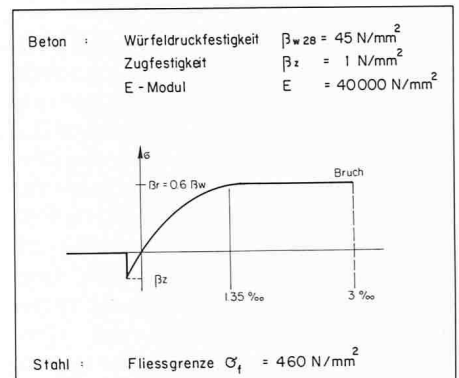
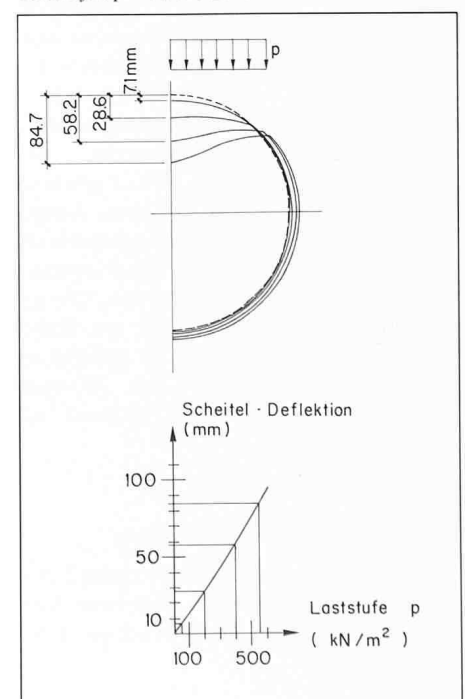


Bild 1. Materialeigenschaften und Bruchkriterium für Tunnelgewölbe

Bild 3. Nichtlineare Entwicklung der Deformation mit zunehmender Belastung. Beton unarmiert, Bettung C = 50 MN/m<sup>3</sup>. Laststufen p = 0.05/0.20/0.40/0.565 MN/m<sup>2</sup>.



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

SBB, Bauabteilung Kreis III

**Projekt und Bauleitung:**Ingenieurgemeinschaft  
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 Betondruckzone
	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 MN/m<sup>2</sup> bei C = 50 MN/m<sup>3</sup>,  $\mu = \mu' = 3.8\%$  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 Tuttwil 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

