

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 89 (1971)  
**Heft:** 52

**Artikel:** Tunneleinbau System Bernold  
**Autor:** W.J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85079>

#### **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:** 09.01.2026

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

und der Standardabweichung

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{P_i}{100} (D_i - \bar{D})^2} = 4,236$$

Auch das Ergebnis der Wirtschaftlichkeitsrechnung aufgrund der Monte-Carlo-Methode weist zunächst eine diskrete Verteilung auf. Es kann aber, wie gerade das Beispiel 14 zeigt, ebenfalls statistisch weiterverarbeitet werden. Wenn beispielsweise für zwei Projekte der gleiche Mittelwert des Kapitalwertes, internen Zinssatzes usw. berechnet wird, bevorzugt man grundsätzlich das Projekt mit der kleineren Standardabweichung, also mit der kleineren Streuung der Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung.

### Schlussbemerkungen

Die Nutzen-Kosten-Analyse und die mit ihr verbundenen Methoden zur Berücksichtigung der Unsicherheiten stellen eine gute Grundlage für die wirtschaftliche Beurteilung von Projekten dar. Ihre Bedeutung im Rahmen der andern Kriterien, wie der technischen, finanziellen, politischen, sozialen usw., ist um so grösser, je besser die Auswirkungen der Projekte mit Geld bewertet werden können. Für viele Auswirkungen liegt diese Möglichkeit auf der Hand, für andere muss

sie jedoch durch umfangreiche Erhebungen nachgewiesen werden, für einige ist sie noch umstritten und für wenige scheint sie nicht gegeben. Es kann aber heute nicht mehr übersehen werden, dass die Nutzen-Kosten-Analyse auf manchen Gebieten ihre Bewährungsprobe bestanden hat und dass viele Arbeitsgruppen an ihrer Anpassung auf anderen Gebieten arbeiten.

### Literaturverzeichnis

- [1] E. Schneider: Wirtschaftlichkeitsrechnung, Theorie der Investition. Zürich, 1968, Polygraphischer Verlag, und Tübingen, Verlag Mohr.
- [2] E. L. Grant, W. G. Ireson: Principles of Engineering Economy. New York, 1970, Ronald Press Company.
- [3] H. Würgler: Ökonomische und politische Ursachen der Umweltveränderungen. «Schweiz. Bauzeitung», 89 (1971), H. 14, S. 321–323.
- [4] L. D. James, R. L. Lee: Economics of Water Resources Planning. New York, 1971, McGraw Hill.
- [5] S. Reutlinger: Techniques for Project Appraisal under Uncertainty. «World Bank Staff Occasional Paper», 1970, No 10.
- [6] L. Pouliquen: Risk Analysis in Project Appraisal. «World Bank Staff Occasional Paper», 1970, No 11.

Adresse der Verfasser: Daniel Vischer, Prof. Dr.-Ing., Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie an der ETH, Gloriastrasse 37/39, 8006 Zürich, und Vladimir Bohun, dipl. Ing., Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, 5401 Baden.

## Tunneleinbau System Bernold

C. Andrae, unser Altmeister des Tunnelbaus, hat stets den Grundsatz vertreten, diejenige Einbaumethode sei die beste, welche am schnellsten zur Stützung des Gebirges führt, so dass Bewegung in diesem gar nicht erst auftreten kann. Dieser Forderung entspricht in sehr hohem Masse das im Verlauf der vergangenen zwei Jahre von Ing. Jean Bernold, Walenstadt, entwickelte Einbauverfahren. Es beruht auf der Verwendung von sog. *Bernold-Blechen*, das sind  $1200 \times 1080$  (oder  $1230$ ) mm grosse und  $1\frac{1}{4}$ , 2 oder 3 mm starke, der Krümmung des Tunnelprofils entsprechend gebogene Blechtafeln, die durch eine charakteristische Stanzung zugleich gewellt und durchlöchert sind (Bild 1). Diese

leicht zu handhabenden Bleche stützen sich auf Montagebogen aus I-Profil, welche (am besten mittels der Ladeschaufel) in Abständen von 96 oder 120 cm gestellt werden (Bild 2); je nach diesen Abständen kommen dann die schmäleren oder die breiteren Bleche zur Anwendung. Dank der gewellten Stanzung kann man die Bleche durch einfache Überlappung und Sicherung mittels durchgesteckter Rundseisen («Verbindungsriegel» in Bild 5) gegenseitig fixieren.

Hinter die montierte Blechtafelwand wird alsdann durch Pumpen Beton von steifplastischer Konsistenz eingebracht und vibriert (Bild 3). Dabei füllt er den ganzen

Bild 1. Ein Bernold-Blech

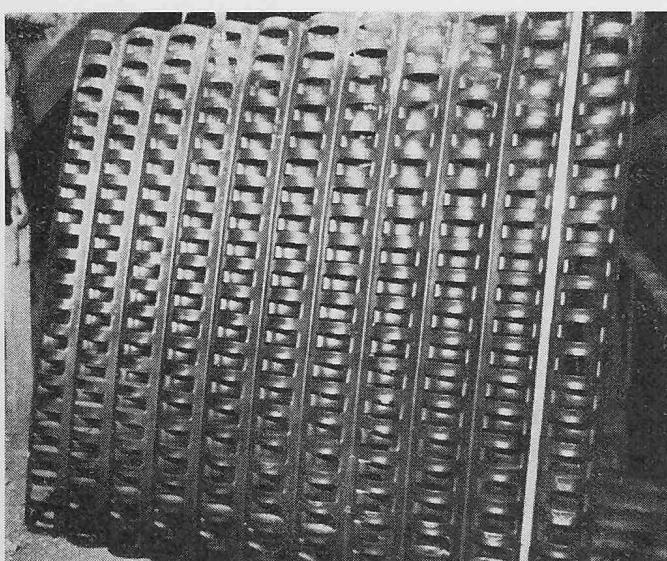
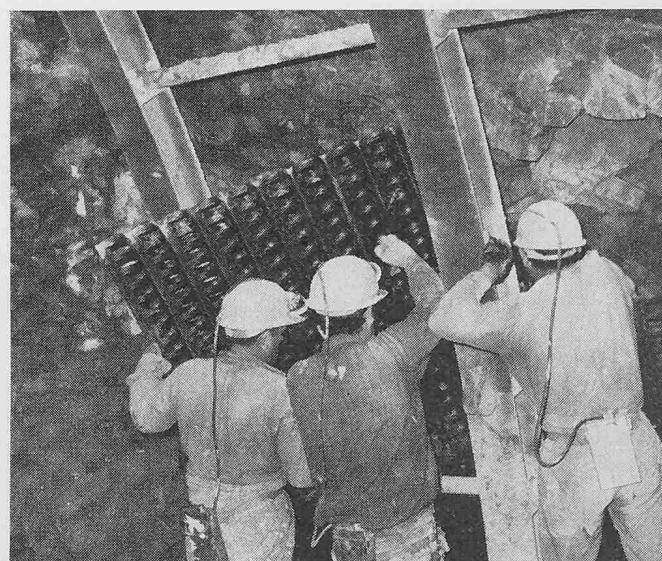


Bild 2. Bernold-Bleche werden hinter den Montagebogen eingebaut



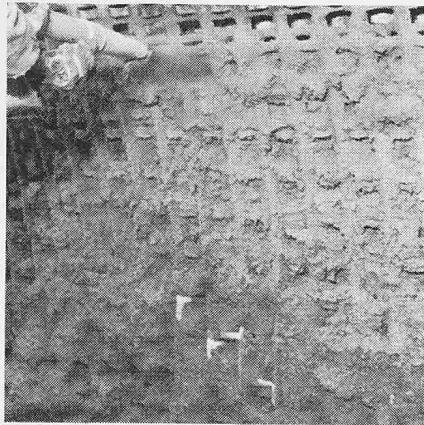


Bild 4. Einbringen von Spritzbeton durch die Löcher der Bernold-Bleche hindurch

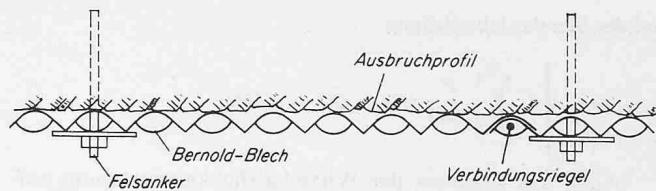


Bild 5. Sicherung einer gefrästen Felsoberfläche durch Bernold-Bleche

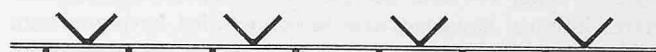


Bild 6. Aufbau der Felssicherungs-Matten: Winkeleisen 40 x 40 x 2,5 mm, Rundstahl 4 bis 7 mm, Maschenweite 100 x 100 mm

Hohlraum zwischen Fels und Blechen aus und quillt ein wenig durch die Löcher der Bleche. Die dadurch entstehende rauhe Oberfläche gewährleistet einen ausgezeichneten Verbund mit dem später einzubringenden Innengewölbe von 20 bis 30 cm Stärke. Ist ein solches nicht nötig, so tritt an dessen Stelle eine Gunitierung.

Auch im Einbringen des Betons hat Ing. Bernold neue Wege beschritten, indem er den *Spritzbeton im Nassverfahren* entwickelt hat. Damit wird ein viel geringerer Rückprall als bisher erzielt. Auch ist es möglich, dank besonders konstruierten Düsen den Beton durch die Löcher der Bernold-Bleche hindurchzuspritzen und dabei ein vollkommenes Ausfüllen des Hohlraums zu erreichen (Bild 4).

Zum Fördern des Betons wird die ebenfalls von Bernold konstruierte *Betonpumpe «Spirocet»* verwendet. Sie ist gekennzeichnet durch ein Spiralührwerk und einen Druckbehälter mit auswechselbarem Verschleissmantel, der leicht demontiert werden kann. Mit einem 20-PS-Elektromotor wird eine Leistung von 8 bis 12 m<sup>3</sup>/h (Typ S 1000) bzw. 18 bis 24 m<sup>3</sup>/h (Typ S 2000) erreicht.

Das geschilderte Einbauverfahren kommt zur Anwendung beim Ausbruch nach klassischen Methoden. Für die Verwendung hinter *Tunnelfräsmaschinen* werden die Bleche direkt auf den Fels verankert (Bild 5), wodurch das ausgebrochene Profil sofort gesichert ist. Nachher kann eine Spritzbetonschale aufgebracht oder ein starkes Gewölbe

eingebaut werden. Ebenfalls für gefräste Tunnel hat Ing. Bernold *Felssicherungsmatten* entwickelt, die an Winkel-eisen angeschweisst sind (Bilder 6 und 7) und dem Spritzbeton als Gerüst dienen.

Die Bernold-Verfahren, wofür die ersten Patente 1967 angemeldet wurden, und die seit 1968 in Walenstadt hergestellten Bleche haben in kürzester Zeit eine ausserordentliche Verbreitung erfahren. So werden sie in der Schweiz zurzeit bei etwa 70 % aller Stollen- und Tunnelbaustellen angewendet. Auch im Ausland haben sie schon weltweit Fuß gefasst. Dies hat dazu geführt, dass seit 1970 das Eisenwerk Ohle (rund 40 km südöstlich von Dortmund) Bernold-Bleche herstellt und nach 14 Ländern exportiert. Für nicht weniger als 76 Tunnelbaustellen in diesen europäischen und überseeischen Staaten wird das neue Ausbausystem angewendet bzw. in die Projektierung eingezogen.

Über die Eignung der Bernold-Bleche als Armierung hat sich die EMPA in ihren Versuchsberichten 59 392, 60 410 und 67 839 günstig ausgesprochen. Schliesslich sei auch hingewiesen auf einen Aufsatz in der «NZZ», Beilage Technik, vom 21. Juni 1971, Nr. 282, welcher das System Bernold in seiner Anwendung beim Flonzaley-Tunnel der N 9 (Genferseeautobahn bei Chexbres) einlässlich beschreibt. Dessen Verfasser, Christoph Müller, dipl. Ing., ist ein Enkel unseres eingangs genannten Kollegen C. Andreae.

W. J.

Bild 3. Zwischen Fels und Blechen wird Pumpbeton eingebracht

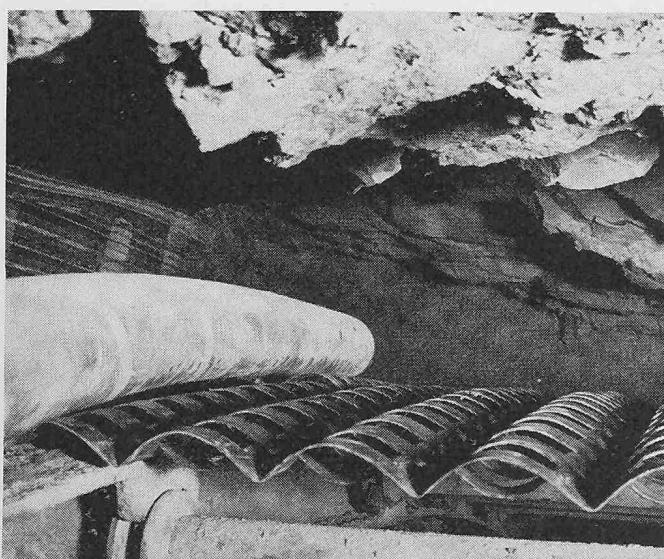


Bild 7. Durch Felsanker gehaltene Felssicherungs-Matte

