

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 90 (1972)  
**Heft:** 47

**Artikel:** Tunnelbau mit Schild unter Luftdruck  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85368>

### **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:** 03.04.2026

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

ergibt die gesamte Einsparung für die ganze Bauindustrie. Werden auch die nicht quantifizierbaren Grössen erfasst, so beträgt diese Einsparung aufgrund einer Schätzung, die im Rahmen der SIA-Kommission E 165 für den heutigen Zustand berechnet wurde, mindestens 5% der Kosten, welche für den Entwurf, die Bearbeitung, das Verlegen und die Verrechnung von Armierungsstahl aufgewendet werden. Diese Einsparung entspricht einem Betrag von 25 Mio Fr. pro Jahr bzw. 5 Rappen pro Kilogramm Armierungsstahl.

In Zusammenarbeit mit EDV-Fachleuten konnten die Kosten für die elektronische Verarbeitung einer Standard-eisenliste je nach Umfang der Datenausgabe auf 60 bis 90 Rappen pro Position geschätzt werden. Bezogen auf ein mittleres Gewicht von 45 Kilogramm pro Position entsprechen diese Aufwendungen im Durchschnitt ungefähr 1,7 Rappen pro Kilogramm Armierungsstahl.

Der Vergleich der totalen Einsparungen mit dem Aufwand für die elektronische Datenverarbeitung zeigt deutlich, welcher grossen gesamtwirtschaftlichen Nutzen die Anwendung der Empfehlung 165 selbst bei vorsichtiger Schätzung der Einsparungsmöglichkeiten zur Folge hat. Unter Berücksichtigung der zukünftigen Entwicklung der Lohn- und Maschinenkosten kann vorausgesagt werden, dass sich der Nutzen, der sich durch die Umlegung von lohnintensiven Arbeiten auf die

elektronische Datenverarbeitung erzielen lässt, in den nächsten Jahren noch vervielfachen wird.

## 7. Schlussbemerkungen

Die Anwendung der Empfehlung 165 des SIA in der Praxis wird von den einzelnen Beteiligten ein Umdenken und einige betriebsinterne Umstellungen erfordern<sup>1)</sup>. Trotz diesen Einführungsschwierigkeiten sollte es das Ziel aller Beteiligten sein, in ihrem Betrieb den Übergang auf das einheitliche System für die Erstellung und Verarbeitung von Eisenlisten möglichst rasch durchzusetzen. Besonders die Anwendung der Standardeisenliste und der Standardformen für Armierungsstähe in den Ingenieurbüros ist von grösster Wichtigkeit; denn nur durch eine gesamtschweizerische Zusammenarbeit aller Beteiligten lässt sich der prognostizierte volkswirtschaftliche Nutzen erreichen.

<sup>1)</sup> Die Empfehlung 165 (1972) und die Formulare der Standardeisenlisten können beim Generalsekretariat des SIA, Postfach, 8039 Zürich, Tel. 01 / 36 15 70, bezogen werden. Um den einzelnen Beteiligten genügend Zeit für die notwendigen betrieblichen Umstellungen zu geben, wurde der Zeitpunkt für die praktische Anwendung der Empfehlung 165 (1972) auf den 1. Januar 1973 festgelegt.

Adresse des Verfassers: *H. R. Schalcher*, dipl. Bauing. ETH/SIA, in Fa. Basler & Hofmann, Ingenieure und Planer, Forchstr. 395, 8008 Zürich.

## Tunnelbau mit Schild unter Luftdruck

DK 694.19:624.157.5:621.542

Die brasilianische Bauunternehmung Camargo Correa S. A., erfahren im Tunnelbau, insbesondere mit Verbindungstunnel im grösseren Wasserverteilungssystem von São Paulo, hat Aufträge für einen Teil des Untergrundbahnsystems von São Paulo erhalten, unter anderem für zwei 1842 m lange Tunnel mit 6 m Durchmesser, für 200 m lange offene Gräben, für 600 m Stollen mit Durchgängen usw. Diese Untertagbauten liegen meist unter bewohnten Gebieten, oft in Aufschüttungen und nahe an Fundamenten von Häusern, Viadukten und Brücken. Die Arbeiten in São Paulo werden zusätzlich erschwert durch schlechte Bodenverhältnisse, Lehme und Sande, und einem Grundwasserspiegel, der bis 20 m über dem projektierten Tunnel liegt.

Zusammen mit verschiedenen Beratungsfirmen arbeitete Camargo Correa die folgende Arbeitsmethode aus: von einem Schacht, der 600 m von einem Ende des Tunnels entfernt ist, fährt ein manueller Schild mit Druck in die

eine Richtung und zwei mechanische Schilde in die andere. Eine grosse und widerstandsfähige Stahlröhre, gewöhnlich an der Vorderseite offen, gibt den schwachen Tunnelwänden beim Vortrieb und bei Erstellen der endgültigen Verstärkung vorläufigen Halt. Die Vorderschneide muss oft geschärft werden, um leichter in die Erdmasse einzudringen. Der Zwischenteil hat vertikale und horizontale Träger und Hebewinden, um den Schild nach jeder Durchstichstufe vorwärtszupressen, während Einbau- und Betonierungsinstallationen unter dem Schutz der Rückpartie des Schildes eingebaut werden. Die Arbeit wird in diesem Fall wegen Grundwassers unter Druck ausgeführt. Neben dem Problem des Vortriebes mit Schild hat sich die Unternehmung auch mit dem Problem des Überdrucks zu befassen:

- Welcher Druck ist erforderlich, um das Grundwasser zurückzudrängen?
- Mit welchem Luftverlust muss gerechnet werden?

Bild 1. Tunnelbau mit der Schild-Methode unter dem Tyne in England

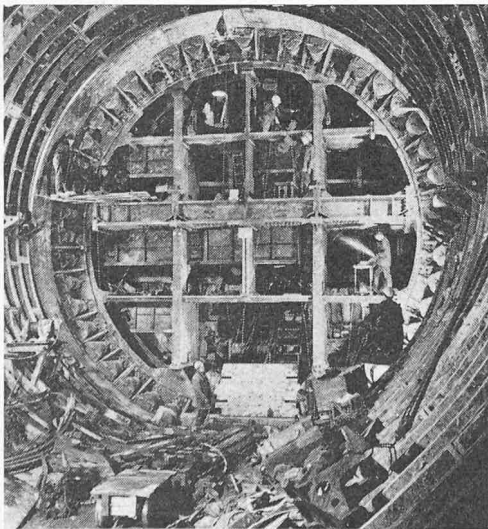
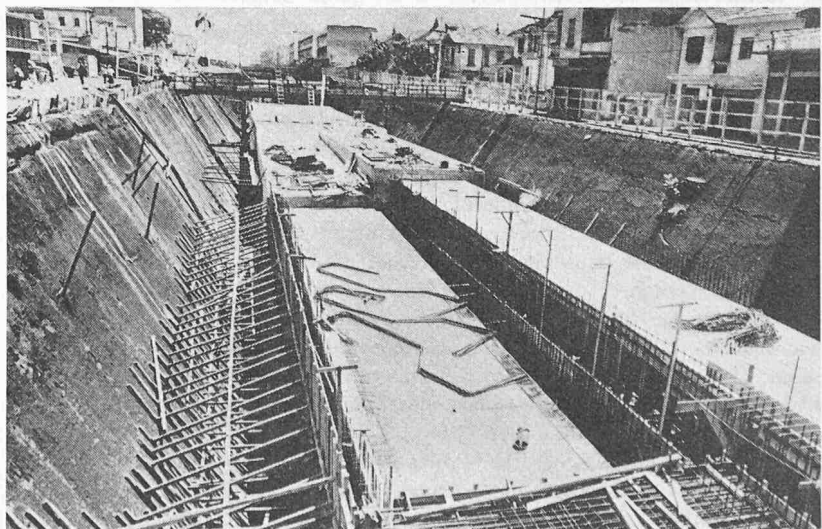


Bild 2. Teil der Untergrundbahnlinie in São Paulo, der in offener Baugrube erstellt wird



- Wieviel Frischluft wird benötigt?
- Wie funktionieren die Druckluftwerkzeuge bei Überdruck?

Und zum Schluss, gestützt auf Antworten auf diese Fragen:

- Welche Kompressoren sollen verwendet werden, Hoch- oder Tiefdruck? Welche Leistung? Welches Produkt? Zuverlässigkeit war wegen der allfälligen Erschwernissen unter plötzlich fallendem Überdruck ein wichtiger Faktor.

Auf Anraten der Atlas Copco wurde eine oberirdische Kompressorenanlage mit sechs schallgedämpften Kompressoren vorgesehen. Die sechs Einheiten sollten für Tiefdruck (0 bis 1,5 atü) eingestellt werden und mit elektrischen 400-V-Motoren angetrieben werden. Diese Kompressoren können später in Hochdruckkompressoren mit der Bezeichnung ZR umgewandelt werden. Vier dieselbetriebene Airpartner werden als Reserveleistung vorgesehen.

Es zeigte sich, dass die Luftzufuhr, die zur Deckung der Verluste nötig wird, die Kompressorenleistung bestimmt

und nicht die je Mann nötige Frischluft. Zwar bestehen eine Anzahl Formeln, um solche Verluste zu berechnen, diese können aber nur als Faustformeln gelten; sie geben meist nur die Verluste an der Tunnelbrust wider. Den Verlusten zwischen dem Schild und dem Ende der Druckluftstrecke war grosse Beachtung zu schenken, damit die notwendigen Luftmengen möglichst gering gehalten werden können.

Es wurde empfohlen, den Druck so zu regulieren, dass noch etwas Wasser im Tunnel steht. Die dann auftauchenden Probleme - Einsturz der Brust, kleinere Schotterungskapazität - werden wettgemacht durch bessere Arbeitsbedingungen bei tieferem Druck und kleineren Luftverlusten sowie weniger Niederbrüchen. Sollte sich nasser Schlamm auf dem Tunnelboden ansammeln, genügt die Kompressorleistung, um das Wasser ganz aus dem Tunnel zu verdrängen.

Der Überdruck hinter dem Schild wirkt sich auf die Druckluftwerkzeuge so aus, wie wenn der Arbeitsdruck der Werkzeuge entsprechend vermindert würde. Der Arbeitsdruck musste deshalb um 1,0 bis 1,5 atü erhöht werden.

## Ein Verfahren zur Berechnung der Entgleisungssicherheit von Schienenfahrzeugen

DK.625.2 : 625.33 : 625.032.84

Von Hans-Hermann Pribnow, Pratteln

*Ein Merkmal unserer Generation ist der Drang nach Reisen; immer mehr Leute wollen (müssen?) immer mehr Neues und Fernes kennenlernen. Dieser Drang wird ergänzt durch die scheinbare Notwendigkeit, immer schneller an das Ziel zu gelangen. Dass wir sicher und heil an diesem Ziel ankommen, nehmen wir als selbstverständlich an. Welche Arbeit aber zur Gewährung der Sicherheit nötig ist, ist meist nur denjenigen bewusst, die mit ihren Konstruktionen die Wahrscheinlichkeit eines Unglücks oder Unfalles zu minimieren haben.*

*Bei der Entwicklung von Eisenbahnrollmaterial (Wagen, Triebfahrzeuge) erkennt man zwei Tendenzen: Die Fahrzeuge werden immer leichter, also das Verhältnis von Nutzlast zu Eigengewicht immer günstiger, und die Motorenleistung nimmt ständig zu. Damit können Beschleunigung und Fahrgeschwindigkeit erhöht bzw. längere Zugkompositionen zusammengestellt werden. Die Forderungen «mehr Reisende zu befördern» und «schneller an das Ziel zu gelangen» werden somit erfüllt. Dem Selbstverständlichen - der Sicherheit - ist aber durch Leichtbauwagen und höhere Motorleistung kein Dienst geleistet (das Gegenteilige dürfte eher zutreffen). Um auch in Extremfällen die Sicher-*

*heit zu gewähren und, wo immer möglich, zu erhöhen, sehen sich die Ingenieure gezwungen, bei den vorliegenden Konstruktionen die Berechnungsmethoden laufend neu zu überdenken und zu ergänzen.*

*Die Arbeit, mit deren Veröffentlichung wir in diesem Heft beginnen, entstand aus der Notwendigkeit, die Sicherheit gegen Entgleisung von Zahnradbahnen (aber auch von Adhäsionsfahrzeugen) zu erfassen. Es handelt sich um eine für den Praktiker gedachte, umfassende Berechnungsmethode, die für das ganze Gebiet der Zahnradbahnen gültig ist und mit der auch Adhäsionsfahrzeuge untersucht werden können. Leser aus anderen Fachgebieten erhalten mit diesem Aufsatz einen Einblick in die minutiöse Arbeit, die für die Sicherheit aller geleistet werden muss. Sie wird vielen etwas trocken erscheinen, dies liegt aber in der Natur der Sache. Der Textumfang wurde möglichst knapp gehalten. Die Anhäufung von gleichartigen Gleichungen, die sich voneinander nur durch Vorzeichen und Indizes unterscheiden, soll dem Praktiker ein Werkzeug in die Hand geben, das es ihm ermöglicht, direkt ab Vorlage mit Rechenschieber und Tischrechenmaschine arbeiten zu können.*

Redaktion

### 1. Teil: Allgemeine Betrachtungen

#### 1. Einleitung

Die Entgleisungssicherheit von Schienenfahrzeugen, insbesondere auch von Fahrzeugen für Zahnradbahnen, stellt ein Problem dar, das mit dem fortschreitenden Leichtbau und der Weiterentwicklung von Antrieben und Bremsen immer mehr Bedeutung erlangt.

Die Entgleisungssicherheit ergibt sich aus dem Kräftespiel zwischen Rad und Schiene; sie unterliegt einer grossen Zahl von Einflüssen, von denen hier nur die Geometrie des Gleises und der Zahnstange, der konstruktive Aufbau der Fahrzeuge, der Bewegungszustand (Geschwindigkeit, Beschleunigung, Verzögerung), die inneren Kupplungskräfte im Zugverband und die Reibungsverhältnisse genannt werden sollen. Viele dieser Einflüsse stehen zudem untereinander in teilweise kom-

plizierten Zusammenhängen. Es gibt Veröffentlichungen, z.B. [1], in denen das Problem der Entgleisungssicherheit eingehend behandelt wird und nach denen es möglich ist, mit Hilfe eines Computers die Entgleisungssicherheit unter Berücksichtigung aller Einflüsse und Zusammenhänge zu berechnen.

Für Fälle, in denen der Einsatz eines Computers nicht möglich ist, soll mit der vorliegenden Studie dem projektierenden, konstruierenden oder prüfenden Ingenieur ein vereinfachtes Verfahren zur Berechnung und Beurteilung der Entgleisungssicherheit in die Hand gegeben werden. Entsprechend den Anforderungen der Praxis wurde es so angelegt, dass es überschaubar und mit einfachen Hilfsmitteln wie Rechenschieber oder Tischrechner anwendbar ist.

Die Studie ist als Zusammenfassung von verschiedenen bereits durchgeführten und von den Aufsichtsbehörden anerkannten Berechnungen entstanden. Bisherige Erfahrungen