

# Zur Sicherung des künftigen Bahnbetriebes auf der Neubaustrecke

Autor(en): **Zuber, Peter**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **108 (1990)**

Heft 21: **S-Bahn Zürich**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-77442>

## **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.

Der Bauherr hat nun die Aufgabe, den Investitionsaufwand zu minimalisieren. Dabei hat er zu prüfen, ob auch das preisgünstigste Angebot zu diesem Ziel führen kann. Bei den Tunnels der S-Bahn in der Zürcher Altstadt, die unter dicht bebautem Gebiet in geringer Tiefe und in geologisch heiklem Untergrund liegen, war die Wahl der Baumethode besonders sorgfältig abzuwägen. Zum einen galt es, die Sicherheit der angebotenen Baumethoden und insbesondere der vorgeschlagenen Bauhilfsmassnahmen grundsätzlich zu überprüfen und zu beurteilen. Zum andern wurden die verschiedenen prognostizierten Setzungen kritisch analysiert. Dabei waren insbesondere die Auswirkungen auf die Überbauung sowie das Strassen- und Werkleitungsnetz über den Tunnels bezüglich der zu erwartenden Setzungsschäden zu beziffern. Aufgrund dieser fiktiven Schadenprognosen waren die verschiedenen Baumethoden dann zu bewerten, und es ergab sich ein weiteres Auswahlkriterium für die Baumethode. Konkret führte dieses Auswahlverfahren zum Beispiel beim Hirschengrabentunnel dazu, dass die billigste Baumethode ausgeschieden werden musste. Andererseits zeigte dieses numerische Bewerten von Setzungsschäden auch, dass sich oft der Einsatz einer teureren Baumethode aus Sicherheitsüberlegungen wirtschaftlich nicht rechtfertigen liess.

Weitere Überlegungen bei der Wahl der Baumethoden galten der Umweltverträglichkeit. So begrüssten wir aus Gründen des Energieverbrauchs, dass z.B. bei den Einspurröhren des Zürichbergtunnels statt der energieintensiven Gefriermethode das Jettingverfahren erstmals in grösserem Umfange in der

Schweiz angeboten wurde, ein Verfahren das nicht zuletzt aus den erwähnten energetischen Gründen zukunftsträchtig sein dürfte. Im erwähnten Baulos konnten damit gegen 1 Mio kWh an elektrischer Energie eingespart werden.

### Qualitätssicherung bei der Ausführung

Die Ausführungspläne von Bahnbauten sind gemäss den gesetzlichen Bestimmungen von den Aufsichtsbehörden zu genehmigen. Im Falle der SBB ist diese Aufgabe vom Bundesamt für Verkehr an die Bahn zurückdelegiert. Allerdings übersteigt sie bei einem Grossprojekt wie der Neubaustrecke der Zürcher S-Bahn die Kapazität der SBB-internen Organisation. Für die Tunnels wie auch für kritische allgemeine Tiefbauten waren deshalb Prüfingenieure zugezogen worden, deren Pflichtenheft die aufsichtsbehördliche Überprüfung der Konstruktionen wie auch deren Beurteilung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit umfasste. Im Vortrieb erfolgten periodisch geologische Aufnahmen, die zusammen mit der messtechnischen Überwachung zum Ziele hatten, allfällige Problemabschnitte zu erfassen, die während der Nutzungsdauer des Tunnels von Bedeutung sein könnten. Die Ergebnisse dieser geologischen Aufnahmen sind in den Ausführungsplänen zu dokumentieren. Auf den Rat der Experten konnte in kritischen Phasen im Verlaufe der Bauausführung zurückgegriffen werden. Besonders wertvoll war diese Zusammenarbeit z.B. im Hirschengrabentunnel in den Phasen des Schildstillstands. Einer besonderen Beachtung be-

darf der Aufbau eines Netzes von Überwachungspunkten im Tunnel, welches erlauben soll, die während dem Bau erfassten Tunneldeformationen auch während der Nutzungsdauer weiter zu verfolgen. Deshalb ist frühzeitig die Möglichkeit der Kontrollmessungen unter Berücksichtigung des Bahnbetriebs abzuklären.

### Sicherheit im Betrieb

Die Neubaustrecke der Zürcher S-Bahn zeichnet sich betrieblich dadurch aus, dass in den Spitzenzeiten stark besetzte Züge in sehr dichtem Fahrplan mit relativ hoher Geschwindigkeit verkehren. Dies könnte zu einem grundsätzlich höheren Unfallrisiko für die Benutzer dieses Verkehrsmittels führen. Mit gezielten Massnahmen war deshalb sicherzustellen, dass ein ausreichend hohes Sicherheitsniveau entsprechend dem übrigen SBB-Netz erreicht wird. In einer umfassenden Sicherheitsstudie zweier spezialisierter Ingenieurbüros sind alle vorgeschlagenen Sicherheitsmassnahmen hinsichtlich ihres Kosten/Nutzen-Verhältnisses analysiert worden. Insbesondere waren die Rettungsmöglichkeiten bei Brandfällen in den Tunnels zu überprüfen. Diese Studien zeigten wiederholt, dass betriebliche Vorkehrungen sinnvoller sind als bauliche Investitionen. Die Sicherheitsstudie wird deshalb mit ihren Ergebnissen Eingang in das Pflichtenheft des S-Bahn-Betriebs finden.

Adresse des Verfassers: P. Hübner, dipl. Ing. ETH/SIA, Sektionschef Ingenieurbau SBB, Bauabteilung Kreis III, 8021 Zürich.

## Zur Sicherheit des künftigen Bahnbetriebes auf der Neubaustrecke

### Was ist denn gefährlich an der Neubaustrecke?

Die Zürcher S-Bahn ist eine normale, moderne Bahn, welche entsprechend dem hohen Leistungsbedürfnis geplant und gebaut wird. Als solche wird sie selbstverständlich mit der modernsten Sicherheitstechnik wie z.B. Zugüberwachung und Zugfunk ausgerüstet. Dank

der Automatisierung der Überwachungsanlage ist die S-Bahn in den letzten Jahrzehnten, trotz zunehmender Verkehrsdichte noch sicherer geworden; Automaten sind zirka tausendmal sicherer als der Mensch. Das Todesfall-Risiko im Zug beträgt heute zirka 0,05 auf 100 Mio Personenkilometer. Anschaulicher ausgedrückt heisst das: wenn jemand jeden Tag statt zu arbei-

ten 8 Stunden Eisenbahn fahren würde, also z.B. nach Paris und zurück, müsste er das 10 000 Jahre lang machen, bis ihn nach statistischer Wahrscheinlichkeit der Unfalltod ereilen würde. (Auf der Strasse träte dieser schon nach wenigen 100 Jahren ein.) Das Risiko eines tödli-

VON PETER ZUBER,  
BERN

chen Unfalls im Haushalt ist etwa gleich gross, damit ist das Bahnfahren etwa gleich gefährlich wie zu Hause bleiben.

Somit bestand eigentlich kein Grund, die Sicherheitsfrage von Grund auf neu

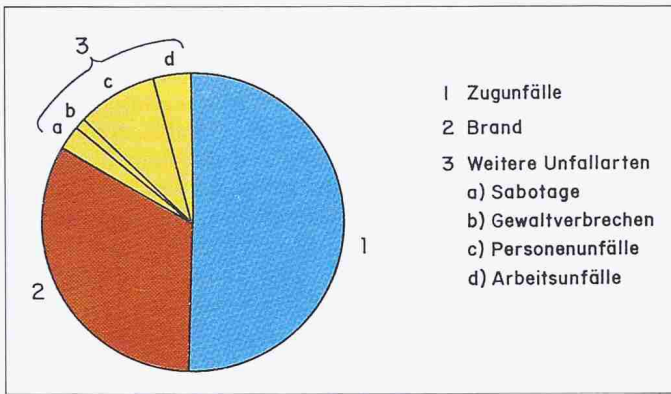


Bild 1. Zugunfälle und Brand sind die Hauptrisiken in den Tunneln der Neubaustrecke

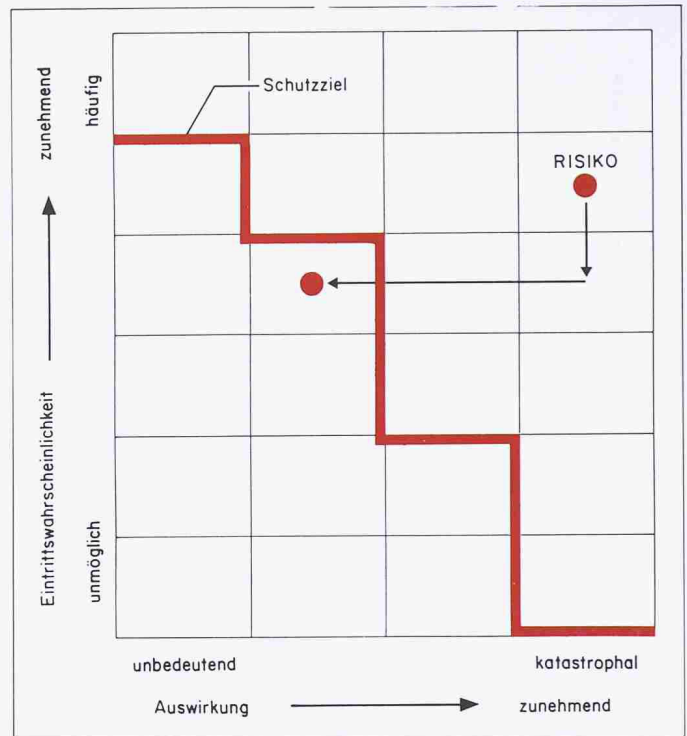


Bild 2. Massnahmen-Beurteilung mit Hilfe des Schutzziels

aufzurollen. Dennoch beschäftigte sich die Projektleitung schon früh mit der Frage, ob mit der Neubaustrecke nicht auch neue Gefahrenherde geschaffen würden: die neuen Dimensionen, die grosse Ansammlung von Personen am selben Ort, dazu noch unterirdisch, unter Häusern und Flüssen, waren ungewohnt. Konkreter ausgedrückt bestand

1. die Sorge, etwas falsch zu bauen, so etwas wie eine Falle, aus der die Passagiere keinen Ausweg mehr finden würden, wenn sich ein Bagatellunfall wie z.B. ein kleiner Brand ereignet, der andernorts harmlos wäre, hier aber unversehens katastrophale Ausmasse erreichen könnte. (Der Brand in London, Kings Cross, verursachte am 18.11.87 30 Tote.)
2. die Sorge, dass während der Projektierung von irgendeiner Seite Begehren nach exorbitant teuren Sicherheitsmassnahmen wie z.B. Paralleltunnel oder Fluchtschächte gestellt würden. Bedenken seitens der Projektleitung, die ja auch für die Kosten verantwortlich ist, könnten mit der unfairen Gegenfrage «Übernehmen Sie die Verantwortung, wenn etwas passiert?» ausgeräumt werden.

Die Projektleitung musste sich diese Fragen stellen. Offensichtlich ist sogar die Bahn nicht hundert Prozent sicher. Aber wie sicher ist sicher genug? Welche Risiken darf oder muss man eingehen? Welche nicht? Um solchen Sorgen zu begegnen, wurde bereits in der Planungsphase der S-Bahn eine Arbeitsgruppe aus bahninternen Fachleuten und professionellen Sicherheitsberatern gebildet, der sogenannte «Sicher-

heitsrat», und mit folgenden Aufgaben betraut:

- Alle vorstellbaren Unfallszenarien in Gedanken durchzuspielen und zu prüfen, mit welchen Massnahmen sie verhindert oder, wenn dies nicht mit Sicherheit möglich sein sollte, in ihren Auswirkungen harmloser gestaltet werden könnten.
- Ein optimales Massnahmenpaket vorzuschlagen, also eines, das ein akzeptables Sicherheitsniveau mit minimalem Aufwand erreicht.

### Die Risiken und die möglichen Gegenmassnahmen

Der Sicherheitsrat ging davon aus, dass die Bauwerke und technischen Einrichtungen richtig bemessen und ausgeführt wurden. Er gewisserte sich, dass die klassischen Ingenieurprobleme wie z.B. die richtige Bemessung von Foundationen und Stützen durch andere Stellen geprüft wurden und konzentrierte sich auf die dadurch nicht abgedeckten Sicherheitsprobleme. Er stellte fest:

- *Zugsunfälle* und *Brand* stellen die Hauptrisiken bei der S-Bahn dar (Figur 1).
- Die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls im Bahnhof Museumstrasse ist höher als beispielsweise auf einer typischen Vorortstation mit zehnmal weniger Zügen und hundertmal weniger Passagieren pro Tag. Im statistischen Vergleich steigt das kollektive Risiko (Opfer pro Kilometer und Jahr) etwa proportional zu den Frequenzen.

- Es sind zahlreiche Sicherheitsmassnahmen z.B. gegen die Brandgefahr denkbar: Alarm- und Rettungskonzept, Sprinkleranlage, Rauchabzugschacht, Rettungsstollen parallel zum Tunnel u.a.m. Darunter hat es billige und teure, wirksame und weniger wirksame und somit auch vernünftige und unvernünftige Massnahmen. Es wäre wenig sinnvoll, alle realisieren zu wollen, somit besteht die Kunst in der richtigen Auswahl.

### Zur Auswahl der Gegenmassnahmen oder wie sicher ist sicher genug?

Die Auswahl erfolgt:

1. Nach Vorschriften  
Sind Vorschriften vorhanden, ist der Fall klar: die Sicherheitsmassnahme wird selbstverständlich realisiert. Für die hier zu untersuchenden Sicherheitsfragen lagen indessen kaum Normen oder Vorschriften vor. Deshalb wurden auch ausländische Vorschriften, insbesondere jene der BRD, konsultiert. Sie tragen leider nur wenig zur Klärung bei. Verschiedene Massnahmen, die im Ausland vorgeschrieben sind, zeigen sich für die Verhältnisse der Zürcher S-Bahn als nicht angemessen. Beispielsweise wird bei den deutschen S-Bahnen mindestens alle 800 Meter ein Notausstieg verlangt. Im Flachland kann dies sinnvoll sein; bei der Zürcher S-Bahn ergäbe diese Forderung Nottreppen mit Höhendifferenzen bis zu 180 Metern, was kaum

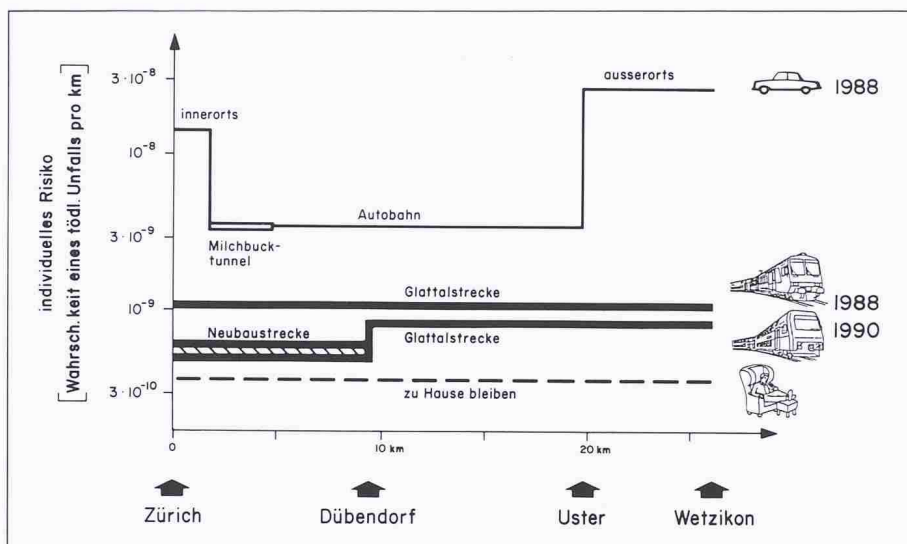


Bild 3. Individuelles Risiko eines Bahnreisenden von Zürich nach Wetzikon

noch einen Nutzen bringt (unsere Kunden sind nicht nur Spitzensportler), hingegen mit enormen Kosten verbunden ist.

## 2. Nach bestem Ermessen

Fehlten Vorschriften, so stützte sich der Entscheid, welche Massnahmen zu ergreifen seien, auf den Stand der Technik, auf das Urteil von Fachleuten und die systematische Analyse und Bewertung von Risiken. Man kann das auf zwei Arten illustrieren

### a) Mit Hilfe des Schutzziels (Figur 2)

Die Eintretenswahrscheinlichkeit jeder Gefahr wurde geschätzt und einer von 6 Stufen zwischen «häufig» und «unmöglich» zugeordnet. Gleichermassen stufte das Team die Auswirkung jeder Gefahr in 4 Kategorien von «unbedeutend» bis «katastrophal» ein.

Im Risikoprofil gelangen die Risiken grafisch zum Ausdruck. Jede Gefahr wird durch einen nummerierten Punkt dargestellt: je weiter oben rechts er liegt, desto grösser ist die Tragweite, je mehr unten links, desto harmloser. Irgendwo dazwischen liegt die Grenze, unter der ein Risiko als akzeptabel, die erwartete Sicherheit als ausreichend erachtet

wird: Man nennt diese Grenze das Schutzziel.

Risiken, die das gewünschte Schutzziel und somit die erwartete Sicherheit nicht erreichten, mussten durch risikovermindernde Massnahmen in den Bereich des Schutzziels gebracht werden. Risikovermindernde Massnahmen sind solche, welche entweder die Eintretenswahrscheinlichkeit einer Gefahr reduzieren, oder ihre Auswirkung vermindern, oder beides zusammen. Standen mehrere Massnahmen zur Auswahl, wurden selbstredend die kostengünstigsten gewählt.

Diese Methode ist anschaulich und nachvollziehbar. Man kann die Liste, wie es hier geschah und bis am Tage der Eröffnung noch geschehen wird, mit immer wieder neu geschaffenen Gefahren und Gegenmassnahmen ergänzen. Weil sie aber mehr intuitiv als analytisch vorgeht, ermöglicht sie keine quantifizierbaren Aussagen oder Vergleiche.

### b) Mit Hilfe von Kosten/Nutzen-Überlegungen

Die untersuchten Massnahmen weisen bezüglich ihrer Kosten und ihres Nutzens grosse Unterschiede auf. Gewisse Massnahmen erbringen für wenig Geld eine grosse Risikoreduktion, die Wirkung anderer Massnahmen ist trotz enormer Kosten bescheiden. Beispielsweise wird bei der Massnahme «Alarm und Rettungskonzept» statistisch gesehen für Fr. 600 000 ein Menschenleben gerettet. Beim «parallelen Rettungstollen» würden hingegen mehr als 100 Mio Franken aufgewendet, um ein Menschenleben zu retten.

Mit dieser Methode erhält man eine objektive, in Zahlen ausgedrückte Beurteilungsgrundlage zur Auswahl des optimalen Massnahmenpaketes. Die Zahlen sind selbstverständlich nur so gut wie die manchmal mit Vorsicht aufzunehmenden statistischen Grundlagen, auf denen sie beruhen. Die Methode ermöglicht Vergleiche mit anderen Streckenabschnitten der S-Bahn und mit anderen Bahnanlagen. Wie erwartet, angesichts der relativ hohen Sicherheit der Bahn, sind die Kosten für die Rettung eines Menschenlebens recht hoch, nämlich in der Grösse von mehreren Millionen Franken.

### Schlussfolgerung: die S-Bahn-Neubaustrecke ist mindestens so sicher wie andere Bahnlinien

Die intensive Beschäftigung mit der Sicherheit der Neubaustrecke hat der Projektleitung ein differenziertes Bild der Gefahren vermittelt.

Sie hat – und das ist der Verdienst der intuitiv-anschaulichen Methode «Schutzziel» – ein gutes Gewissen, weil sie mit den besten Leuten jedes Faches versucht hat, an alle Gefahren zu denken, weil sie nach bestem Wissen und Ermessen die vernünftig scheinenden Massnahmen angeordnet und ihre Ausführung kontrolliert hat.

Sie weiss – dank der analytischen Methode «Kosten/Nutzen-Vergleich» –, dass die Sicherheitsmassnahmen ausgewogen sind. Es ist ihr bekannt, das sich auf der Neubaustrecke, mit statistischer Wahrscheinlichkeit, alle paar Jahre ein tödlicher Unfall ereignen könnte, sie weiss aber auch, dass sie damit nicht aus dem bei Bahnen üblichen hohen Sicherheitsrahmen fällt, sondern sogar eher auf der günstigen Seite liegt. Sie darf annehmen, dass die Bauwerke das für Bahnen akzeptable Sicherheitsniveau aufweisen, um so eher, als gegen Katastrophen mit vielen Toten besonders viel vorgekehrt wurde, im Wissen um die Aversion gegen solche Grossunfälle. Sie kann schliesslich dem Einzelreisenden in Aussicht stellen, dass er auf der S-Bahn noch sicherer fahren wird als auf der «gewöhnlichen» Bahn (Figur 3).

Adresse des Verfassers: Peter Zuber, dipl. Bauing. ETH/SIA, Stellvertreter des Direktors, Baudirektion SBB, 3030 Bern.

Zusätzlich zum vorliegenden Heft zur Eröffnung der S-Bahn Zürich werden noch zwei Sonderhefte folgen: Ein zweites Heft Ende 1990 unter dem Motto «Architektur der Bahnhöfe» und ein drittes Heft im Frühjahr 1991, welches den betrieblichen und organisatorischen Aspekten gewidmet sein wird.