

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 88 (1970)  
**Heft:** 20

**Artikel:** Methodik für die Projektierung komplexer Bauaufgaben: Vortrag  
**Autor:** Hofmann, E. / Mauch, S.P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-84506>

### **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:** 08.07.2025

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

## Methodik für die Projektierung komplexer Bauaufgaben

DK 001.8:711.3:624

Von E. Hofmann und Dr. S. P. Mauch, Zürich

Vortrag gehalten von E. Hofmann am 25. Februar 1970 vor dem ZIA im Zunfthaus «Zur Schmiden», Zürich

Die heute in der Planung und Projektierung zu lösenden Aufgaben werden immer komplexer und unübersichtlicher. Wir Ingenieure sind in erster Linie als Analytiker ausgebildet worden, um überblickbare Aufgaben im Alleingang zu bearbeiten. Die dafür entwickelten Arbeitsmethoden genügen aber dort nicht mehr, wo mehrere Instanzen und Fachgruppen eine Gesamtleistung erbringen sollen, um eine komplexe Aufgabe systematisch und zielgerecht zu lösen.

Es ist der Zweck meines Vortrages, Sie mit einer Methodik bekannt zu machen, die – angeregt durch Publikationen<sup>1)</sup> auf dem Gebiet des «Systemsengineering» – im Ingenieurbüro Basler & Hofmann für die Lösung komplexer Aufgaben immer häufiger benutzt wird. Fassen Sie mein Referat als Anregung und Diskussionsbeitrag auf.

### Das Beispiel

Mir ist daran gelegen, als Praktiker zu Praktikern zu sprechen. So weit es für die Erläuterungen der Methodik zweckmässig ist, beziehe ich mich deshalb auf eine konkrete Projektierungsaufgabe, nämlich den Höngrbergtunnel mit seinen beidseitigen Verkehrsknoten.

Das städtische Tiefbauamt hat dazu im Juni 1969 folgenden Auftrag erteilt (Bild 1): «Im Rahmen des Ausbaues der städtischen Hochleistungsstrassen soll eine leistungsfähige Querverbindung von Altstetten nach Affoltern/Seebach projektiert werden. Dazu ist die vierspurige Strasse über die Europa-Brücke durch den Höngrberg nach Neuaffoltern weiterzuführen. Dort sollen die Wehntaler- und die Glaubtenstrasse an die neue Hochleistungsstrasse angeschlossen werden. Der neue Strassenzug ist weiter, dem Zuge der heutigen Seebacherstrasse/Birchstrasse folgend, an den Autobahnring Nord anzuschliessen. Das Projektierungs-

team wird beauftragt, innert Jahresfrist ein abstimmungsreifes Projekt für den Höngrbergtunnel samt den beiden Verkehrsanschlüssen am Nordkopf der Europa-Brücke und im Bereich der Kreuzung Wehntalerstrasse/Glaubtenstrasse-Seebacherstrasse auszuarbeiten.»

Die im Projektierungsteam mitarbeitenden Firmen sind für die folgenden Teilaufgaben verantwortlich: Das Ingenieurbüro *Basler & Hofmann* für den Tunnel, den Verkehrsanschluss Nord sowie für die Koordination der Projektierungsarbeiten, Verkehrsingenieur *Dr. P. Pitzinger* für die Verkehrslösung des Anschlusses Süd, das Büro *Dr. A. von Moos* für die geotechnischen Untersuchungen, die Firma *Schindler Haerter AG SHB* für die Tunnellüftung und das Ingenieurbüro *E. Brauchli & R. Amstein* für die elektrotechnischen Installationen.

Solche Aufträge lösen einen Ihnen vertrauten Ansturm von Fragen aus. Am hier gewählten Beispiel sind sie folgender Art:

Auf der Südseite ist das Tunnelportal offenbar durch den Brückenkopf der Europa-Brücke gegeben – wo sollen wir das Portal auf der Nordseite ansetzen? Was begründet die Vierspurigkeit des Tunnels? Wie legen wir den Anschluss Nord zwischen der bestehenden Überbauung aus? Darf im stark überbauten Tunneltrasse gesprengt werden oder müssen wir zum vornherein auf dem Fräsvortrieb aufbauen? Ist die Lockergesteinsüberlagerung in den Portalzonen so gering, dass für den Fräsvortrieb noch eine genügend lange Felsstrecke bleibt, um wirtschaftlich zu sein? Sollen Werkleitungen durch den Tunnel geführt werden und, wenn ja, welche? Sind feuergefährliche Transporte zuzulassen? Was für

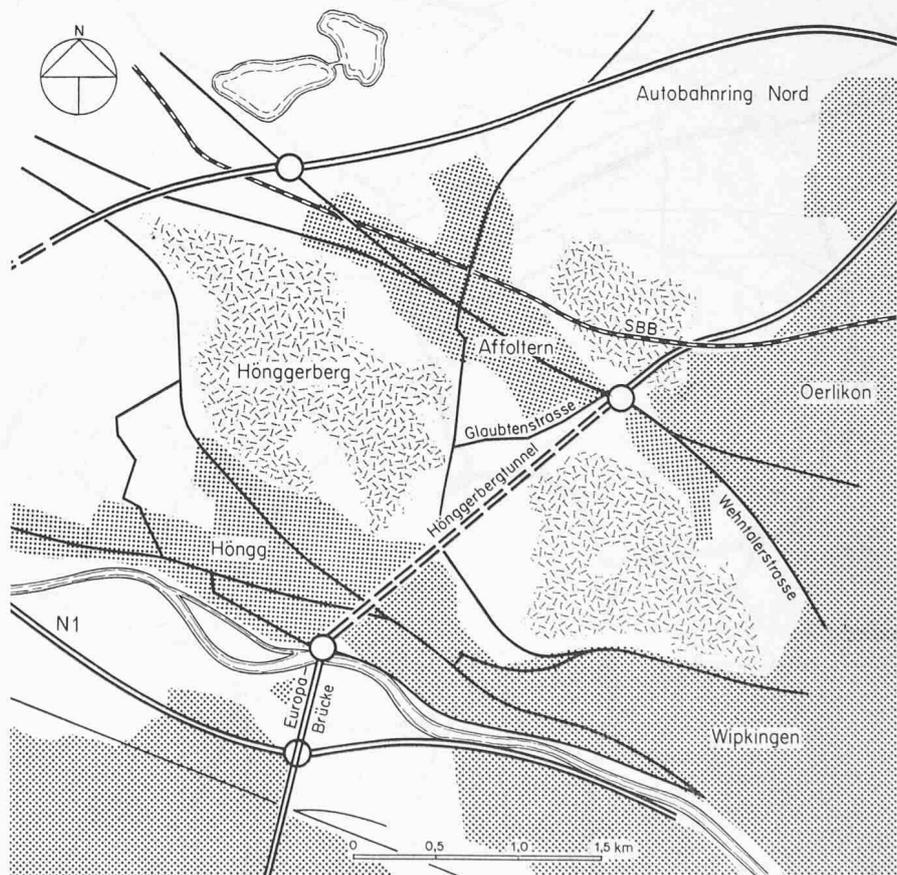


Bild 1. Der Höngrbergtunnel mit den Verkehrsanschlüssen Süd und Nord, schematisch dargestellt

<sup>1)</sup> zum Beispiel: *Flagle, C. D., Huggins, W. H. und Roy, R. H.* (Editors): *Operations Research and Systems Engineering*, John Hopkins Press 1960.

*Mauch, S. P.*: Die Ingenieurleistung als Entscheidungsprozess, «Industrielle Organisation» 1968, Nr. 9.

ein Lüftungssystem ist zweckmässig? Wo können die Lüftungsbauwerke angeordnet werden? Diese Fragenkette liesse sich noch lange fortsetzen.

Zweck der darzulegenden Methodik ist es, Ordnung in diese Probleme und die Fülle der zu treffenden Entscheidungen zu bringen mit dem Ziel, nicht nur zu einer vollständigen, sondern auch zu einer möglichst guten Lösung der gesamten Aufgabe zu gelangen. Alle an der Planung Beteiligten sollen abschliessend davon überzeugt sein, dass die gestellte Aufgabe auch wirklich gut gelöst ist. Die Methode dazu zeichnet sich durch zwei Hauptmerkmale aus, nämlich:

1. dadurch, dass die Aufgabe sinnvoll in überblickbare Problemgruppen aufgeteilt und die zu treffenden Entscheidungen in eine ihrer Bedeutung nach geordnete Hierarchie eingestuft werden und
2. dass die Probleme auf jeder Stufe, also unabhängig von der Folgeschwere der zu treffenden Entscheidungen, mit derselben Systematik und denselben Begriffen formuliert und gelöst werden.

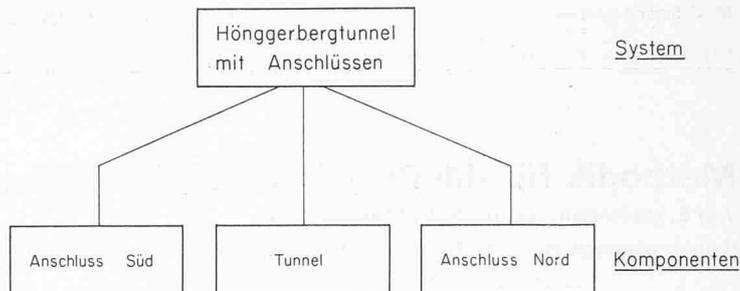


Bild 2. Gliederung des Systems in seine Komponenten

### Systemwahl und Entscheidungshierarchie

Wir wollen uns vorerst dem ersten Merkmal zuwenden, der Unterteilung des Gesamtproblems in besser überblickbare Teilaufgaben und der hierarchischen Ordnung der Entscheidungen.

In diesem Zusammenhang wird vom System und seinen Komponenten gesprochen. Das System kann etwa definiert werden als eine aus verschiedenen zusammenwirkenden Komponenten bestehende Einheit, die als

Ganzes eine bestimmte Funktion auszuüben hat.

Bei unserem Beispiel besteht das zu erarbeitende System aus dem Tunnel und den beiden Anschlüssen. Es hat die Funktion, den Verkehr am einen Ende zu sammeln, durch den Berg zu leiten, am andern Ende zu verteilen und umgekehrt.

Im Gliedern des Systems in verschiedene Komponenten zur besseren Überblickbarkeit besteht nun die Gefahr, dass am Schluss wohl jede Komponente für sich, nicht aber das System



Bild 3. Bebauungsplan der Stadt Zürich; Massstab 1:100 000. Der Hönggerbergtunnel im Zuge der «Äusseren Westtangente»

als Ganzes optimal konzipiert ist. Um diese Gefahr zu umgehen, muss klar festgestellt werden, welche Beziehungen zwischen dem System und seinen Komponenten und zwischen den Komponenten unter sich bestehen. Greift man also eine Komponente heraus, so müssen gleichzeitig deren Abhängigkeiten und Beziehungen definiert werden. Daraus wird auch klar, dass die Trennungslinien im System so zu legen sind, dass die Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Komponenten möglichst überblickbar und klar formulierbar werden und dass jede Komponente für sich wiederum ein möglichst geschlossenes Untersystem darstellt. Ein weiterer Gesichtspunkt für die Aufteilung des Systems in Komponenten (oder Untersysteme) ist der, dass die Entscheidungen, die bei der Bearbeitung dieser verschiedenen Komponenten getroffen werden müssen, etwa vom gleichen Rang sind.

An unserem Beispiel drängt es sich auf, das System in die drei Komponenten: Anschluss Süd, Tunnel und Anschluss Nord zu gliedern (Bild 2). Jede Komponente stellt ein weitgehend geschlossenes Untersystem dar; die gegenseitigen Abhängigkeiten können klar formuliert werden und die Bedeutung der drei Komponenten innerhalb des Gesamtsystems ist von gleichem Rang. Diese drei Untersysteme werden später ihrerseits wiederum nach den vorhin dargelegten Gesichtspunkten in Komponenten zerlegt. Während sich der Tunnel gleich in die drei Komponenten: Röhre, Lüftungsbauwerke und Überwachungszentrale gliedern lässt, kann die Aufteilung der beiden Anschluss-Systeme erst vorgenommen werden, nachdem sie im Konzept erarbeitet sind.

Meist werden dem Planer oder Projektverfasser die Aufgaben in zu enger Formulierung übergeben. Er kann seine wichtigsten Entscheidungen nur dann sinnvoll treffen, wenn er Kenntnis hat von den Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen dem zu erarbeitenden System und dem übergeordneten System und seinen übrigen Komponenten. An unserem Beispiel des Hönggerbergtunnels ist das übergeordnete System die sogenannte äussere Westtangente, die als Querspange die Verbindung zwischen dem Autobahnring West, der N1 und dem Autobahnring Nord herstellen soll (Bild 3).

Damit ergibt sich die folgende Systemgliederung: Das zu erarbeitende System «Hönggerbergtunnel mit seinen Anschlüssen» ist eine Komponente des übergeordneten Systems «Äussere Westtangente». Die Untersysteme «An-

schluss Süd», «Tunnel» und «Anschluss Nord» sind ihrerseits Komponenten des zu erarbeitenden Systems. Die Untersysteme werden wiederum in Komponenten zerlegt, so beispielsweise das Untersystem «Tunnel» in die Komponenten «Röhre», «Lüftungsbauwerke» und «Überwachungszentrale». Wie fein diese Gliederung vorgenommen werden soll, hängt von der Aufgabe ab. In unserem Beispiel hat sich die im Bild 4 dargestellte Unterteilung als genügend fein erwiesen.

Aus der Gliederung des Systems ergibt sich nun auch eine logische Hierarchie der Entscheidungen: Auf einer bestimmten Systemstufe werden nur die beschränkte Anzahl zusammenhängender Entscheide betrachtet, die in ihrer Bedeutung dem hierarchischen Rang des betrachteten Systems entsprechen. Die Entscheidungen unterer Stufen werden vorerst vernachlässigt; Entscheidungen, die in der oberen Stufe gefällt worden sind, werden in der betrachteten Stufe als Randbedingungen eingeführt. Damit erhalten wir eine der Anzahl von Systemstufen entsprechende Generationszahl von Entscheidungen (Bild 4). Durch dieses Vorgehen von Generation zu Generation werden Projektverfasser und Auftraggeber gezwungen, sich vorerst mit den wichtigsten Entscheidungen zu befassen, welchen die nachfolgenden Entscheidungen folgerichtig untergeordnet werden. Damit ergibt sich in natürlicher Weise der geforderte Zusammenhang zwischen dem System und seinen Komponenten und den Komponenten untereinander.

Zeigt sich nun aber, dass ein Entscheid höherer Stufe zu Randbedingungen führt, die eine optimale Lösung auf der nachfolgenden Stufe verunmöglichen, so zwingt es sich auf, zurückzugehen und diesen Entscheid nochmals in Frage zu stellen. Das heisst nichts anderes, als dass der Entscheid der unteren Generation zu bedeutend ist, um auf der oberen Stufe vernachlässigt zu werden. Wollen wir eine optimale Gesamtlösung erreichen, so müssen wir ohne Prestigehindernisse zurückschreiten können und die Aufgabe iterativ lösen.

Das Gliedern des Systems und Festlegen der Entscheidungshierarchie sieht trivial aus. Die Praxis zeigt aber, welche Kraft in diesem Gedankenmodell liegt und wie schwierig es oft ist, die verschiedenen Generationen von Problemen sauber auseinanderzuhalten. Wie oft erleben wir doch, dass an der gleichen Sitzung beispielsweise über die Linienführung und gleichzeitig über die Randsteinhöhe diskutiert wird!

Wir wollen nun übergehen zum zweiten Merkmal dieser Methode: zur Systematik des Entscheidens.

### Der Entscheidungsprozess

Unabhängig von seiner Generationsstufe kann der Entscheidungsprozess in die Formulierung des Problems, das Erarbeiten von Lösungen und das Bewerten der Lösungen und die Auswahl gliedert werden (Bild 5).

Der schwierigste, aber auch am stärksten schöpferische Arbeitsgang ist dabei die Formulierung des Problems. Es geht hier darum, sich über die drei

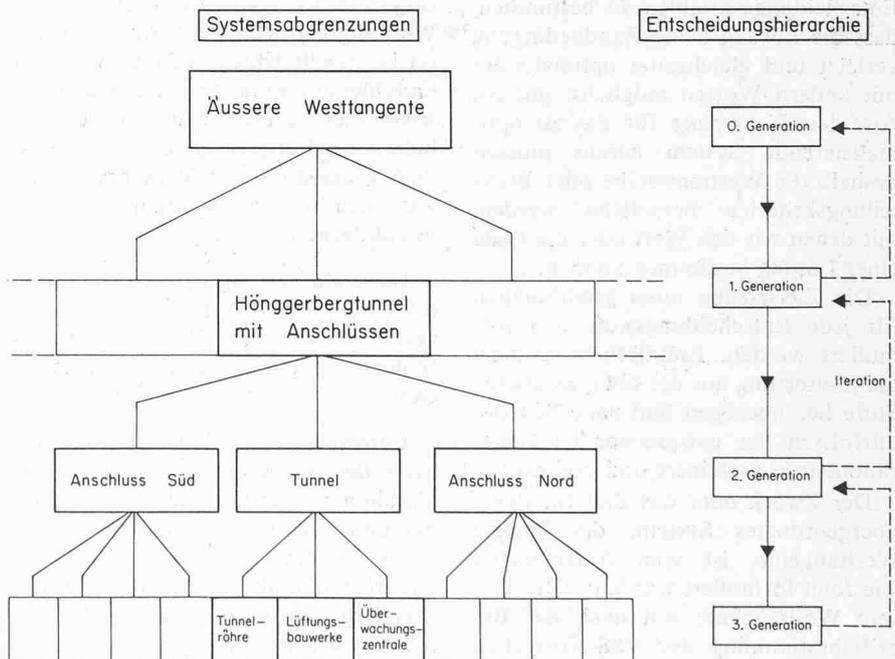


Bild 4. Gliederung des Systems mit den zugeordneten Entscheidungsgenerationen

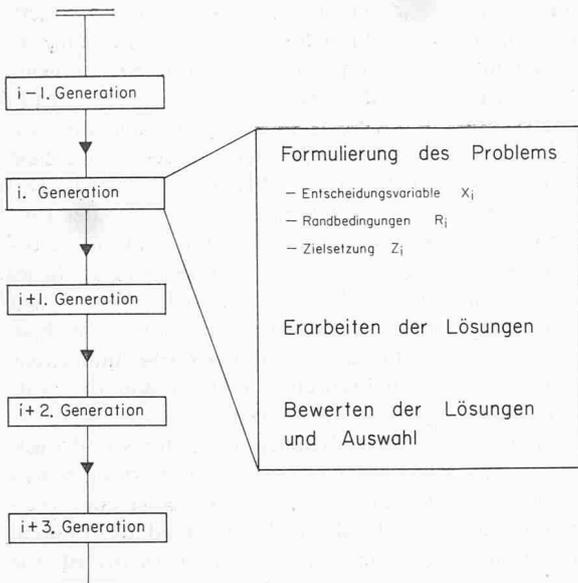


Bild 5. Der auf jeder Generationsstufe durchzuführende Entscheidungsprozess

folgenden Fragen Klarheit zu verschaffen:

- Worüber können wir frei entscheiden oder welches sind die Entscheidungsvariablen des Problems?
- welches sind feste Gegebenheiten oder Randbedingungen, die erfüllt sein müssen?
- welches Ziel haben wir mit dem System zu erreichen?

Ich möchte auf diese drei Begriffe «Entscheidungsvariable», «Randbedingung» und «Zielsetzung» am Beispiel unseres Gesamtsystems, d. h. auf der Entscheidungsstufe der 1. Generation kurz eingehen.

Wir müssen in den der Problemformulierung folgenden Arbeitsgängen die Entscheidungsvariablen so bestimmen, dass die Lösung keine Randbedingung verletzt und gleichzeitig optimal oder mit andern Worten möglichst gut ist. Aus der Zielsetzung für das zu optimisierende System heraus müssen deshalb die Wertmassstäbe oder Beurteilungskriterien hergeleitet werden, mit denen wir den Wert oder die Güte einer Lösung bestimmen können.

Die Zielsetzung muss grundsätzlich für jede Entscheidungsstufe neu formuliert werden. Praktisch wird dazu die Zielsetzung aus der übergeordneten Stufe herangezogen und nach den Bedürfnissen der entsprechenden Generationsstufe verfeinert und ergänzt.

Der Zweck oder das Ziel für unser übergeordnetes System, die äussere Westtangente, ist vom Auftraggeber wie folgt formuliert worden: «Die äussere Westtangente soll nach der Begriffsbestimmung der VSS-Normalien als Hochleistungsstrasse konzipiert werden und neben dem privaten auch

dem öffentlichen Verkehr dienen. Ihre Aufgabe besteht einerseits in der Verbindung der von ihr durchquerten Quartiere Seebach, Neu-Affoltern, Höngg, Altstetten, Albisrieden untereinander, andererseits in der Verbindung dieser Quartiere mit dem Autobahnring und der N 1. Falls die äussere Westtangente vor dem Autobahnring fertig erstellt würde, könnte auch der Durchleitfunktion grössere Bedeutung zukommen. Durch sinngemässe bauliche Gestaltung ist daher die notwendige Flexibilität der Verkehrsführung vor allem in den Knotenpunkten zu gewährleisten.»

Diese Zielsetzung der 0. Generation muss nun für den Entscheidungsprozess 1. Generation (Tunnel und Anschlüsse) präzisiert und ergänzt werden:

Vorerst wird die beschriebene Aufgabe des Strassenzuges, nämlich die Verbindung der Quartiere untereinander und mit den Nationalstrassen, für unser System mit Hilfe statistischer Unterlagen und Prognosen präzisiert. Das Ergebnis wird in den Schemata der Anschlussbeziehungen für die Knoten Nord und Süd dargestellt, die zeigen, welche Priorität die einzelnen Ver-

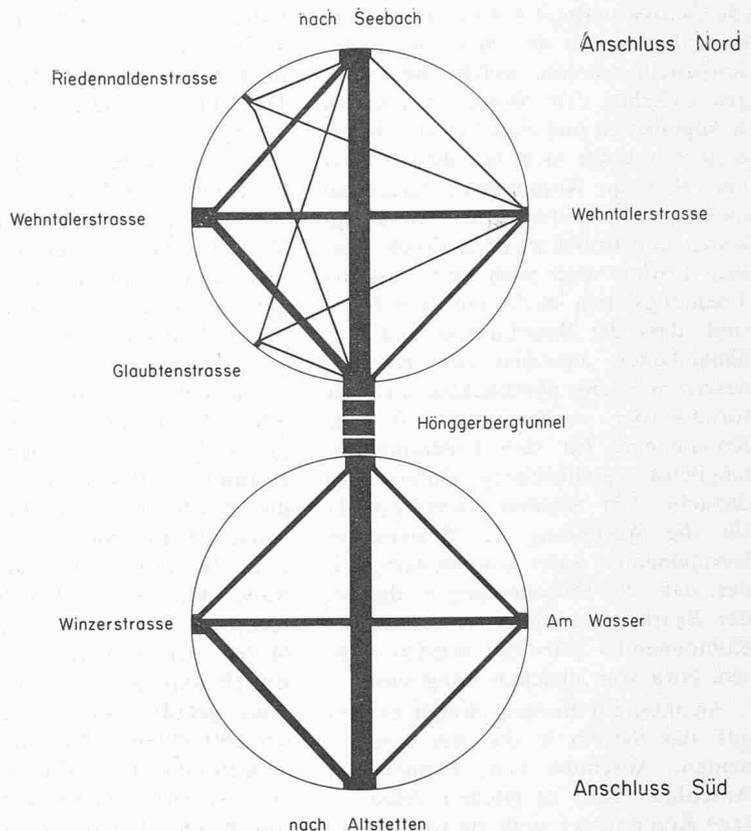


Bild 6. Schema der Anschlussbeziehungen in den beiden Verkehrsknoten an den Tunnelausgängen Süd und Nord. Auf dem Umfang der beiden als Kreise dargestellten Verkehrsknoten sind die Anschlussrichtungen aufgetragen. Die Bedeutung der Beziehungen zwischen den einzelnen Richtungen ist durch die Stärke der Verbindungslinien veranschaulicht

kehrbeziehungen an den beiden Knoten besitzen (Bild 6).

Nachdem die zu gewährleistenden Verkehrsbeziehungen präzisiert sind, muss formuliert werden, wie diese Verkehrsbeziehungen zu erfüllen sind, nämlich: mit möglichst grosser Verkehrssicherheit, möglichst kleinem Gesamtaufwand an Bau-, Unterhalts- und Betriebskosten und mit möglichst geringen Immissionen auf die Umwelt.

Die so formulierte Zielsetzung wird es erlauben, die im folgenden Arbeitsgang zu erarbeitenden Lösungen beurteilen zu können.

Nun einige Beispiele zu den Randbedingungen. Es ist zweckmässig, die Randbedingungen nach ihrer Herkunft zu gruppieren. Es gibt einerseits die Randbedingungen, die sich aus den Entscheiden der übergeordneten Generation ergeben und andererseits diejenigen, die uns die Umwelt stellt.

Aus der zu Beginn des Referates zitierten Auftragserteilung an das Projektierungsteam lassen sich beispielsweise zwei Randbedingungen der ersten Gruppe herauslesen (s. auch Bild 1): Der neue Strassenzug soll innerhalb unseres Systems vierspurig ausgelegt werden und der Anschluss Nord soll

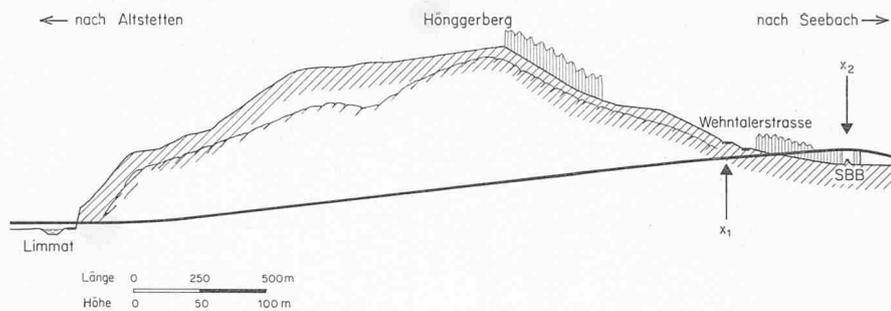


Bild 7. Längensprofil des Systems zwischen Limmattal und Furttal

in den Bereich der Kreuzung Wehntalerstrasse/Glaubten- Seebacherstrasse zu liegen kommen. Beide Forderungen sind damit Randbedingungen, die aus Entscheidungen der höheren Generationsstufe folgen.

Als Randbedingung der Umwelt kann die Europabrücke genannt werden. Sie wirkt bestimmend auf die Gestaltung des Anschlusses Süd und legt, zusammen mit der Topographie, auch das südliche Tunnelportal in Lage und Höhe fest. Randbedingungen der Umwelt stellen beispielsweise auch die Baulinien im Bereich kürzlich bewilligter Hochbauten beim Anschluss Nord oder die SBB-Linie im Furttal dar.

Nachdem aus dem meist reichhaltigen Katalog der Gegebenheiten, Ansprüche und Wünsche, die für das System bestimmend sind, die Randbedingungen erarbeitet worden sind, erkennt man, welche freien *Entscheidungsvariablen* noch verbleiben.

Als Beispiel dafür möchte ich die Höhenlage des neuen Strassenzuges beim Anschluss Nord und bei der nahegelegenen Kreuzung mit der Bahnlinie im Furttal anführen. Diese beiden Knoten sind Entscheidungs-

variable der ersten Generation, denn sie beeinflussen gleichzeitig zwei Komponenten unseres Systems: den Anschluss Nord und den Tunnel hinsichtlich Höhenlage und Länge.

Auch die Problemformulierung erscheint einfach und trivial; trotzdem ertragen wir uns immer wieder dabei, wie wir ein Problem zu lösen versuchen, ohne seine Randbedingungen genau ermittelt zu haben und ohne uns Rechenschaft über die Zielsetzung zu geben. Mit Erfahrung und Intuition ist es wohl auch so möglich, gute Lösungen zu finden. Oft aber führt dieses mangelnde Bewusstsein beim Projektieren zu Missverständnissen und Umwegen, manchmal sogar zu folgeschweren Fehlentscheidungen.

Werfen wir nun einen Blick auf das *Erarbeiten der Lösungen*:

Liessen sich alle Randbedingungen und Entscheidungsvariablen des Systems quantifizieren und in der gleichen Masseinheit ausdrücken, und liesse sich auch die Zielsetzung als Zielfunktion in der selben Masseinheit anschreiben, so könnten wir das Problem, nach dem es formuliert ist, nach bekannten mathematischen Gesichtspunkten mit dem Computer optimie-

ren. Obschon das heute noch in den seltensten Fällen gelingt, sei doch damit angedeutet, dass das Erarbeiten der Lösungen eine Aufgabe ist, die uns als ausgebildeten Analytikern besonders liegt. Ich möchte mich deshalb mit einer Anmerkung zu diesem Problem begnügen: Bevor wir fleissig Variante um Variante entwerfen, um nachher dem Auftraggeber zuzumuten, bei der Bewertung von einem Dutzend Lösungsmöglichkeiten durchzuhalten, sollten wir durch sukzessive Elimination versuchen, zu einer kleinen Zahl wirklicher Alternativlösungen zu gelangen.

Eine Möglichkeit zur *Bewertung* der erarbeiteten Lösungen möchte ich wiederum an unserem Beispiel erläutern (Bild 7):

Wir haben vorhin festgestellt, dass als Entscheidungsvariable erster Generation die Höhenlage  $X_1$  des Trasses beim Anschluss Nord und die Höhenlage  $X_2$  des Trasses beim Bahnübergang zu nennen sind. Diese beiden Entscheidungsvariablen beeinflussen einander gegenseitig und können daher nicht getrennt voneinander bestimmt werden.

Es gibt unendlich viele Lösungen, welche die hier nicht aufgezählten Randbedingungen des Problems erfüllen. Eine fleissige Analyse hätte erfordert, vorerst auf die 2. Generation der Entscheidungen hinunterzusteigen, das Problem für die Systemskomponente Anschluss Nord präzise zu formulieren, die mit den Randbedingungen 1. und 2. Generation verträglichen Anschlusslösungen auszuarbeiten und sie in allen Höhenlagen  $X_1$  und  $X_2$  abzuwandeln. Statt dessen ist es mit einigen grundsätzlichen Überlegungen gelungen, den ganzen der Bewertung zu

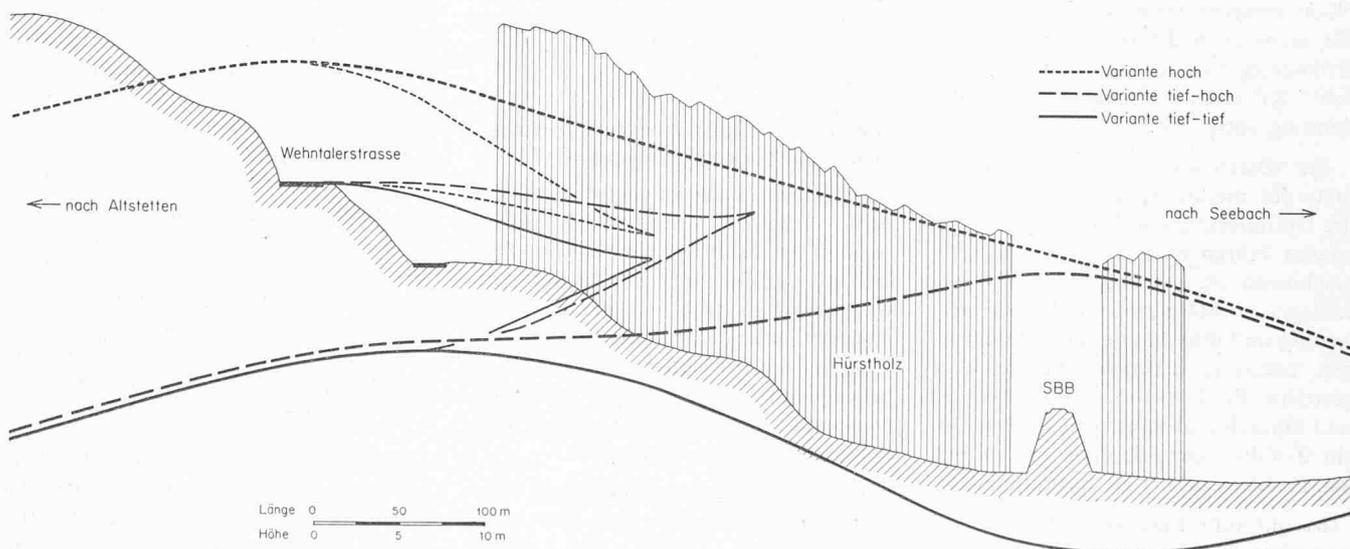


Bild 8. Längensprofil des Systems im Bereich des Anschlusses Nord mit den drei Alternativlösungen «hoch», «tief-hoch» und «tief-tief»

unterwerfenden Lösungskatalog auf die drei im Bild 8 dargestellten Alternativen zu beschränken; nämlich die Variante «hoch» mit dem Tunnelverkehr über der Wehntalerstrasse und über den SBB, die Variante «tief-hoch» mit dem neuen Trasse unter der Wehntalerstrasse und über den SBB und schliesslich die Variante «tief-tief», die beide bestehenden Verkehrswege unterfährt.

Aus der Zielformulierung für unser System, die wir weiter vorn ausführlich erläutert haben, lassen sich nun die Bewertungskriterien leicht anschreiben (Bild 9).

An oberster Stelle sind die Bewertungskriterien für den Verkehr aufgeführt: Wie gut sind die gewünschten Anschlussbeziehungen erfüllt? Wie ist die Leistungsfähigkeit des Anschlusses, wie die Kapazität des Tunnels zu beurteilen, die von der Steigung abhängt? Wie steht es mit der Übersichtlichkeit des Anschlusses für die Benutzer und damit mit der Verkehrssicherheit? Wie gut können die Fussgängerbeziehungen gewährleistet werden?

In der Gruppe der Immissionen werden die Ästhetik, die Lärmeinwirkungen, die Auswirkungen der Abluft aus dem Portal und die Beeinträchtigung des Waldes als Erholungsgebiet beurteilt.

Als letzte Gruppe finden wir die Bau- sowie die Betriebs- und Unterhaltskosten.

Von diesen Bewertungskriterien lassen sich mit vernünftigem Aufwand nur die Leistungsfähigkeit des Anschlusses und die Kosten quantifizieren. Die Bewertung der andern Kriterien bleibt weitgehend Ermessenssache. Sie kann beispielsweise mit einer beliebig feinen Punkteskala erfolgen. Noch differenzierter wird das Ergebnis, wenn man die verschiedenen Kriteriengruppen oder, falls sinnvoll, einzelne Kriterien der zugemessenen Bedeutung entsprechend gewichtet.

Sie wissen alle, dass auf dem Gebiete der methodischen Hilfsmittel für die Optimierung von Problemen in den letzten Jahren eine Flut von Literatur erschienen ist. Die meisten der vorgeschlagenen Methoden sind aber aufwendig und man hat deshalb Hemmungen, damit zu arbeiten. Die hier dargestellte Punktmethode hingegen ist sehr einfach und immer noch besser als ein Zufallsentscheid, denn sie zwingt, das Problem sauber zu formulieren.

In unserem Fall hat sich der Auftraggeber für die Variante «tief-tief» entschieden, die bei der Bewertung als

Bewertungskriterien	Gewicht g	Hoch-Hoch		Tief-Hoch		Tief-Tief	
		p	p·g	p	p·g	p	p·g
<b>Verkehr</b> - Anschlussbeziehungen - Kapazität Anschluss - Kapazität Tunnel - Uebersichtlichkeit, Sicherheit - Fussgängerbeziehungen	3	1	3	3	9	2	6
<b>Immissionen</b> - Aesthetik - Lärmeinwirkungen - Auswirkungen der Abluft aus dem Portal - Beeinträchtigung des Waldes als Erholungsgebiet	3						
<b>Kosten</b> - Δ Baukosten - Δ kapitalisierte Betriebs- u. Unterhaltskosten	2						

Bild 9. Bewertungsschema für die im Bild 8 gezeigten Alternativlösungen

beste Lösung hervorgegangen ist. Damit werden die festgelegten Werte  $X_1$  und  $X_2$ , die die Höhenlage des Trasses in diesem Bereich bestimmen, zu Randbedingungen für das Problem der nächst unteren Generation, der Systemkomponente Anschluss Nord. Sollte es sich nun zeigen, dass in der gewählten Tieflage keine befriedigenden Lösungen für diesen Anschluss möglich sind, oder mit andern Worten, dass die optimale Lösung für das Untersystem ausserhalb der Randbedingung aus dem übergeordneten Entscheid  $X_1$  bzw.  $X_2$  liegt und diese damit verletzt, dann muss man den Mut und die innere Grösse haben, nochmals auf diesen Entscheid zurückzukommen. Das heisst, wir müssen den im Bild 4 angedeuteten Iterationsweg beschreiten.

Damit glaube ich, Ihnen auch das zweite Merkmal der Methodik, nämlich den auf allen Generationsstufen gleichbleibenden, systematischen Entscheidungsprozess näher gebracht zu haben.

#### Die Arbeitsteilung zwischen Auftraggeber und Projektierungsteam

Allgemein kann gesagt werden, dass beim einzelnen Entscheidungsprozess (s. Bild 5) die Formulierung der Zielsetzung primär die Aufgabe des Auftraggebers ist, während die Entscheidungsvariablen sowie die Randbedingungen vom Projektierungsteam zu erheben sind. Die Lösungen des Problems sind selbstverständlich vom Projektierungsteam zu erarbeiten.

Ist die Optimierung nicht exakt möglich, d. h. geht es um eine Bewertung nach Ermessen, so sollte der Auftraggeber bei der Bewertung dabei sein.

Hier kann er sich darüber Rechenschaft geben, ob seine Zielsetzung richtig interpretiert wurde und er kann sie im Bedarfsfalle korrigieren, sicher aber nach seinen Bedürfnissen gewichten. Die Wahl trifft schliesslich der Auftraggeber selbst.

Betrachten wir die ganze im Bild 4 dargestellte Entscheidungshierarchie, so ist die Mitarbeit des Auftraggebers zuoberst am nötigsten. Mit ansteigender Generationszahl nimmt hingegen die Tragweite der Entscheidungen ab und die Zahl der zu verarbeitenden Informationen zu. Damit verlagert sich die Arbeitsintensität immer mehr vom Auftraggeber zum Projektierungsteam.

#### Schlussbemerkungen

Auch wenn der intuitive Weg bei der Lösung komplexer Aufgaben zum selben Ergebnis führen sollte wie die skizzierte systematische Bearbeitung, so liegen in der Methodik trotzdem beachtliche Vorteile: Sie gestaltet den Planungsablauf ruhiger und gezielter und vermittelt allen Beteiligten mehr Gewissheit, dass wirklich die bestimmenden Gesichtspunkte zur Beurteilung des Problems erfasst worden sind. Sie vermittelt uns eine objektunabhängige Sprache zur besseren interdisziplinären Verständigung. Die Methodik bringt Disziplin in Gespräche und Sitzungen, indem sie zwingt, eine Entscheidungshierarchie einzuhalten und damit die Probleme in der Reihenfolge ihrer Bedeutung zu behandeln.

Es ist zu hoffen, dass dieses Denken in Entscheidungsgenerationen auch in die höhere Planung und in die Politik Eingang finden wird. Welcher Segen wäre es beispielsweise, wenn Zürichs

Bebauungsplan mit den dazugehörigen Zielsetzungen als Entscheid höherer Ordnung und damit als Randbedingung für die nächst untere Planungsstufe akzeptiert wäre. Damit müssten über Einzelvorlagen nicht immer wieder die gleichen grundsätzlichen Diskussionen und Auseinandersetzungen

ausgefochten werden, sondern diese Einzelvorlagen liessen sich als zielkonforme Komponenten eines akzeptierten Gesamtsystems präsentieren.

Die Projektierungsarbeiten für den Höngerbergtunnel stehen unter der direkten Leitung von Stadtgenieur J. Bernath und seinen Mitarbeitern B.

Brechtbühl, dipl. Ing., und S. Szabo, dipl. Ing. Ihnen sei an dieser Stelle für die fruchtbare Zusammenarbeit gedankt.

Adresse des Referenten: E. Hofmann, dipl. Bauing. ETH, ASIC, Ingenieurbüro Basler & Hofmann, 8008 Zürich, Forchstrasse 84.

## Gefälliges und zweckmässiges Kanalisationsreglement im Ägerital

DK 628.2

Der Ägerisee zählt zu den schönsten Seen unseres Landes. Mit seiner Oberfläche von 7,2 km<sup>2</sup> reiht er sich in seiner Ausdehnung zwischen den Sarner- und den Baldeggersee. Der Zustand des Ägerisees ist glücklicherweise noch recht gut. All das Abwasser, das mehr oder weniger oder gar nicht geklärt in diesen kleinen reizvollen See fliesst, müsste aber zwangsmässig in wenigen Jahren zu einer starken Verschmutzung auch dieses Gewässers führen. Um ihren See zu retten, haben die Gemeinden Oberägeri und Unterägeri vor Jahresfrist einen Vertrag abgeschlossen, der zugunsten des Kantons die Vorfinanzierung des Kanalisationshauptstranges im Ägerital brachte. Diese Hauptleitung wird zur Zeit erstellt. Der Vertrag sieht im weiteren für beide Gemeinden die Verpflichtung vor, in kurzer Zeit sämtliche Abwasser aus Gebäuden, die jetzt noch direkt in den Ägerisee fließen, an die Kanalisationshauptleitung anzuschliessen. Vor allem die Gemeinde Oberägeri muss zahlreiche kostspielige Leitungen bauen, um den Vertrag zu erfüllen. Sie verabschiedete im Jahre 1969 ein Kanalisationsreglement, das unter anderem in der Finanzierung der grossen Aufwendungen für den Gewässerschutz Wege beschreitet, die in manchen Gemeinden leider noch nicht üblich sind. So haben Eigentümer von Grundstücken, deren Abwasser an keine öffentliche Kanalisation angeschlossen sind, in Zukunft aber

angeschlossen werden können, sogleich nach der Erstellung der öffentlichen Kanalisation einen Beitrag von 3 bis 4,50 Fr./m<sup>2</sup> Grundstückfläche zu bezahlen. Ohne diese Vorschrift wäre die Gemeinde Oberägeri nie in der Lage, ihre grossen Aufgaben zur Reinhaltung des wunderschönen Sees rechtzeitig zu erfüllen. Im Ägerital bringen daher die Grundeigentümer ein wesentliches Opfer für ihren See. Der Einwohnerrat von Oberägeri ist den Stimmbürgern für diese Bereitschaft aber auch dankbar. Er wählte deshalb für das Kanalisationsreglement eine sonst nicht übliche Aufmachung. Ein farbiges Bild von Oberägeri mit dem Ägerisee zierte die Umschlagseite. Auf der ersten Innenseite stattet der Einwohnerrat den Stimmbürgern von Oberägeri, dem Regierungsrat des Kantons Zug und der Ortsplanungskommission Oberägeri seinen Dank ab. Überschieden sind diese Worte der Dankbarkeit mit folgender Ermahnung:

«Hilf auch Du  
unser Wasser zu schützen,  
denn ohne Wasser gibt es kein Leben.  
Ein gesundes Volk will gesundes Wasser!  
Ein gesundes Volk braucht gesundes Wasser!»

Das Kanalisationsreglement und dessen Aufmachung seien anderen Gemeinden zur Nachahmung bestens empfohlen!

VLP

## Schräge Bohrpfahlwand in München

DK 624.154.34

In «Der Bauingenieur» 1969, Heft 7, berichten H. Weinhold und H. Kleinlein über die Berechnung und Ausführung einer schrägen Bohrpfahlwand als Gebäudesicherung beim U-Bahn-Bau in München.

In der Leopoldstrasse des Münchener Stadtteils Schwabing verläuft die Tunnelstrecke so dicht an den westlichen Hausfronten vorbei, dass deren Gründungssohle in eine von der rund 13 m tiefen Baugrubensohle unter dem Winkel  $\vartheta = 45^\circ + \rho/2$  ansteigende ideale Gleitfläche einschneidet. Wirtschaftliche und betriebliche Überlegungen, sowie die Vielzahl der kreuzenden Versorgungsleitungen führten dazu, dem Bauherrn eine Bohrpfahlwand vorzuschlagen. Vor einem Kaufhausgebäude verblieben im Grundriss zwischen U-Bahntunnel und Hausfundamenten nur rund 0,85 m. Ausserdem liegen im Bereich bis 2 m zur Hauskante 42 Stück 9 cm dicke Fernmeldekabel (Bild 1). Bei einer senkrechten Baugrubenwand hätten diese Kabel in einem komplizierten, kosten- und zeitaufwendigen Verfahren verlegt werden müssen. Die nach Massgabe der örtlichen Notwendigkeit abgestufte Neigung der Bohrpfahlwand wurde durch die Zwangspunkte Unterkante Kabelschacht und Oberkante U-Bahn-Tunnel bestimmt. Für die Schrägwand wurden Pfähle mit mindestens 63 cm Durchmesser und einer rechnerischen Neigung von  $12^\circ$  vorgesehen. Im Bereich der Baustelle stehen Auffüllung und sandigschluffige Kiese an, darunter folgen die Schichten des tertiären Münchener Untergrundes, nämlich halb feste tonig-sandige Schluffe und schluffige, sehr dicht gelagerte Fein- bis Mittelsande, die beide meisselhart sein können.

Bei der Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen Stützbauwerk und Boden in der statischen Berechnung ging man davon aus, dass bei einer elastischen Lagerung des Wandfusses der Widerstand des Bodens proportional der Wandverschiebung an der betreffenden Stelle nach der Beziehung  $p = C_b \cdot s$  (kp/cm<sup>2</sup>) wächst. Ist die Bettungsziffer  $C_b$  zuverlässig ermittelt (s. Originalaufsatz), definiert man damit, als rechnerischen Ersatz für den stützenden Boden, ideale horizontale Federstäbe, wählt die Länge  $L$  solcher Stäbe, gibt

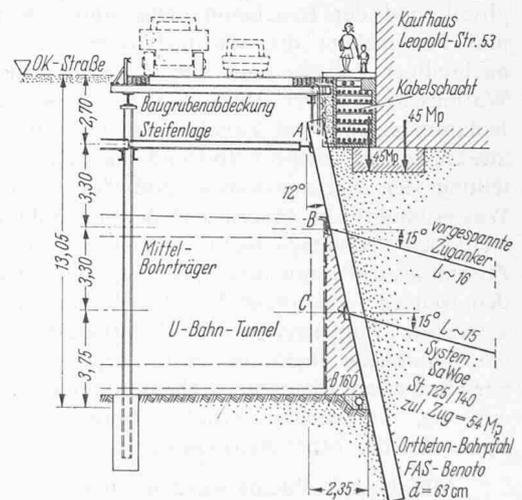


Bild 1. Schnitt durch die Baugrube im Endzustand (nach «Der Bauingenieur» 1969, H. 7).