

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 88 (1970)
Heft: 44

Artikel: Wirtschaftliche Gesichtspunkte der Elektrizitätsversorgung
Autor: Goldsmith, K. / Leemann, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-84656>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 21.12.2024

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

Bauamt I der Stadt Zürich, vertreten durch das Tiefbauamt, im Herbst 1969 begonnen. Der Auftrag umfasst die Herstellung eines allgemeinen Bauprojektes, soweit es zur Ermittlung der Kosten notwendig wird; gemäss eines den Projektierungsarbeiten zugrundegelegten Netzplanes ist dieses Projekt bis Frühling 1971 abzuschliessen. Sofern dieser Termin durch prompte Bereitstellung aller vom projektierenden Ingenieur benötigten Unterlagen und durch recht-

zeitig getroffene Entscheide eingehalten werden kann, wäre schon im Frühling 1972 eine Volksabstimmung und theoretisch anfangs 1973 der Baubeginn möglich. Es muss mit einer Bauzeit von mindestens 4 bis 5 Jahren gerechnet werden.

Soweit heute auf Grund der bisherigen Untersuchungen vorausgesagt werden kann, liegen die Baukosten für den Seetunnel allein um rund 100 Mio Fr.

Wirtschaftliche Gesichtspunkte der Elektrizitätsversorgung

DK 621.311.003.1

Von K. Goldsmith, M. Sc. (Eng.), und R. Leemann, dipl. El.-Ing. ETH, Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AG

Einleitung

Die Elektrizitätswirtschaft ist bekanntlich für die praktisch heute in Frage kommenden Energiequellen äusserst kapitalintensiv. So sind zum Beispiel die Investitionskosten pro Leistungseinheit für thermische, aus Schweröl produzierte Elektrizität etwa dreimal so gross wie für die motorische Kraft eines Automobils. Die spezifischen Anlagekosten für Wasserkraftwerke können überdies diejenigen für thermische Kraftwerke noch um das zwei- oder dreifache überschreiten.

Es ist daher notwendig, sorgfältig zu untersuchen, wie die für den Ausbau der Elektrizitätsversorgung erforderlichen grossen Kapitalinvestitionen eingesetzt werden sollen, damit sie durch eine zweckmässige Betriebs- und Tarifstruktur der Elektrizitätsunternehmen optimal zurückgewonnen werden können. Dieses Erfordernis einer komplexen und umfassenden Planung mit dem Ziel, das investierte Kapital auf die beste Art zu bewirtschaften, steht bei der Betrachtung der wirtschaftlichen Gesichtspunkte der Elektrizitätsversorgung im Vordergrund.

Die Planung

Der Weltbedarf an nutzbarer Energie aller Art wächst ständig an. In vielen Ländern ist kommerziell nutzbare Energie in genügender Menge vorhanden, so dass eine gewisse Konkurrenz zwischen den verschiedenen Energiearten – neben Elektrizität zum Beispiel Gas, Öl und Kohle – entstehen kann. Wegen ihrer günstigen und vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten bleibt jedoch die Elektrizität die bevorzugte Energieart; sie ist in der Tat für das moderne Leben unentbehrlich. Aber auch dort, wo Energie noch relativ spärlich vorhanden ist, besonders in den Entwicklungsländern, steht Elektrizität ebenfalls im Vordergrund, da sie zentral oder lokal aus verschie-

denen Energieträgern produziert und relativ billig transportiert werden kann. Die Anpassungsfähigkeit der Elektrizität ist in diesen Ländern besonders wertvoll.

Der Elektrizitätsbedarf wächst in allen Ländern exponentiell an; der zunehmende Verbrauch der bereits angeschlossenen Konsumenten und der Bedarf für die Neuan schlüsse überlagern sich dabei kumulativ. Mit dem Anwachsen des Per-capita-Verbrauches treten jedoch gewisse Sättigungserscheinungen auf; das heisst, die Zuwachsrate nimmt mit steigendem Verbrauch ab. Die jährliche Zuwachsrate als Funktion des Per-capita-Verbrauches ist in Bild 1 für verschiedene Länder und für den Weltdurchschnitt dargestellt. Das Bild zeigt die hohe Zuwachsrate der Entwicklungsländer mit niedrigerem spezifischen Verbrauch gegenüber der kleineren Zuwachsrate der industrialisierten Länder mit entsprechendem hohem Verbrauch. Gleichzeitig zeigt die Darstellung auch, wie der Per-capita-Verbrauch mit dem Anwachsen des Bruttosozialproduktes verbunden ist; auch hier treten Sättigungserscheinungen auf.

Aufgabe der Elektrizitätswirtschaft ist es nun, Produktion und Verteilung so auszubauen, dass der wachsende Markt stets uneingeschränkt befriedigt werden kann. Da der Bau von grossen Elektrizitätsanlagen mehrere Jahre in Anspruch nimmt, ist es notwendig, den Markt auf eine längere Frist vor auszuschätzen. Dies bringt gewisse Unsicherheiten mit sich und verlangt die gezielte Inkaufnahme des Risikos einer Über- oder Unterinstallation. Gerade in Entwicklungsländern mit zum Teil ausserordentlich hohen und oft schwankenden Zuwachsraten des Elektrizitätsmarktes ist der Planer vor eine schwierige Aufgabe gestellt. Das Risiko wird durch nicht voraussehende wirtschaftliche und meteorologische/hydrologische Verhältnisse und die Unsicherheit bezüglich Verfüg-

ZUWACHSRATE DES ELEKTRIZITÄTS-
VERBRAUCHES (% PRO JAHR)

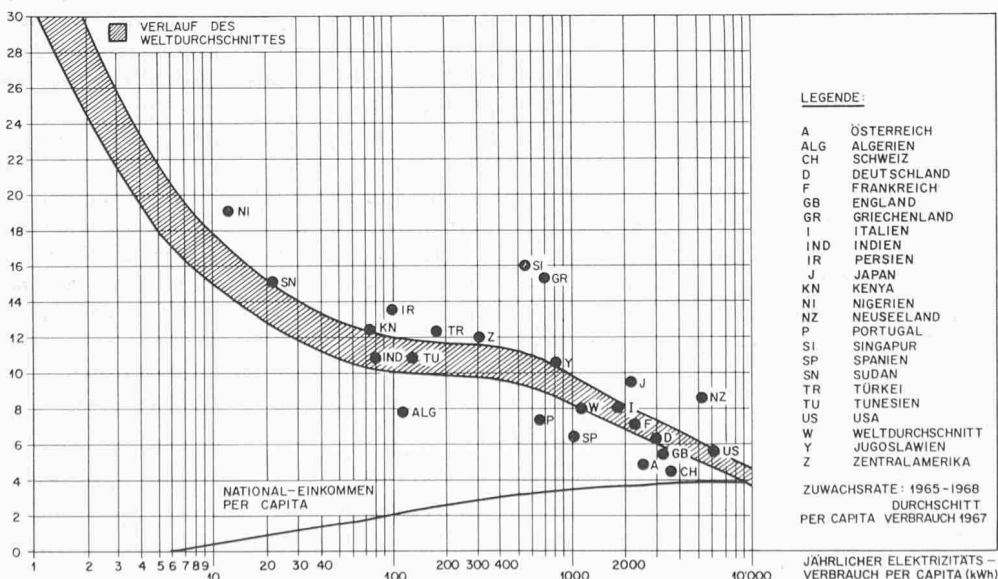


Bild 1. Zuwachsrate des Elektrizitätsverbrauchs und per-capita-Verbrauch für verschiedene Länder

barkeit der bereits vorhandenen Installationen verschärft. Die Aufgabe des Energiewirtschafters ist es dann, die Prognose so auszulegen, dass eine bestimmte Wahrscheinlichkeit der Bedarfsdeckung unter allen Umständen gesichert werden kann. Das verlangt in der Praxis das Abschätzen der erforderlichen, den maximalen simultanen Bedarf überschreitenden Reserve-
marge.

Die Produktion

Die Auswahl der für die kommerzielle Elektrizitäts-
erzeugung zur Verfügung stehenden Energiequellen ist ver-
hältnismässig klein. Obwohl heute oft von neuen Energie-
quellen die Rede ist, welche sich im Entwicklungsstadium
befinden, dürften noch auf längere Sicht praktisch nur die
folgenden Möglichkeiten in Frage kommen: Wasserkraft,
Fossile Brennstoffenergie, Nuklearspaltungsenergie.

In einigen Gebieten der Erde kommen ausnahmsweise
auch andere Möglichkeiten der Erzeugung in Frage wie zum
Beispiel:

- Windenergie kann in gewissen Fällen kommerziell aus-
gewertet werden, jedoch nur in kleinem Massstab.
- Gezeitenkraft wird in Frankreich bereits ausgebeutet und
könnte auch an andern Orten Anwendung finden.
- Geothermische Energie wird bereits in einer Anzahl von
Ländern zur Elektrizitätserzeugung verwendet.

Während die Errichtung eines Wasserkraftwerkes nur
dort möglich ist, wo grosse Flüsse zur Verfügung stehen oder
wo Wasser gespeichert und durch Turbinen abgelassen werden
kann, haben es die stetig verbesserten Transportmöglichkeiten
für flüssigen Brennstoff möglich gemacht, thermische Anlagen
praktisch überall zu bauen. Das Studium eines Wasserkraft-
projektes verlangt daher in jedem Fall die Untersuchung einer
thermischen Alternative für das betreffende Versorgungs-
gebiet. Dabei sind bei der Auswahl der Lösung allerdings nicht
nur die rein wirtschaftlichen Gesichtspunkte massgebend,
sondern es ist - besonders in Siedlungsverhältnissen wie etwa
in der Schweiz - auch auf die Fragen der Umweltbeeinflussung
Rücksicht zu nehmen. Der hydraulischen oder konventionell
thermischen Lösung ist schliesslich die Möglichkeit des
Nuklearkraftwerkes gegenüberzustellen. In allen Fällen muss
natürlich abgeklärt sein, ob die Topographie und die Kühl-
wasserfrage Bau und Betrieb der entsprechenden Anlage tat-
sächlich ermöglichen würden.

Der Entscheid über die geeignete Art der Elektrizitäts-
erzeugung beruht schliesslich auf der Bestimmung des höchsten
wirtschaftlichen Erlöses, welcher im Verhältnis zu den erforder-
lichen Kapitalinvestitionen erzielt werden kann. Die wirt-
schaftliche Analyse verlangt daher die sorgfältige Abschätzung
der notwendigen Kapitalinvestitionen wie auch der über die
gesamte Lebensdauer der Anlage zu erwartenden Betriebs-
kosten (Brennstoff, Wartungsmaterial, Personal) sowie des
möglichen Erlöses. Auch muss untersucht werden, wie die
neue Anlage in das vorhandene System eingegliedert werden
kann und wie sie am wirksamsten betrieben werden soll und
dabei die bereits im System arbeitenden Anlagen beeinflusst.
Die Analyse umfasst also das gesamte Produktionssystem und
nicht nur die neu zu erstellende Anlage. Sie verlangt die Er-
mittlung der Gesamtkosten, welche dem betreffenden Ver-
sorgungssystem zur Deckung des Elektrizitätsbedarfes er-
wachsen, unter Berücksichtigung der allfälligen Alternativ-
Installationsprogramme. Damit werden vielfältige und
komplexe Berechnungen notwendig, welche die Anwendung
moderner Methoden und oft den Einsatz von Computern er-
fordern. Kapitalinvestitionen, Betriebskosten und Erlöse
müssen, damit ein Vergleich verschiedener Alternativen auf
gleicher Basis möglich ist, gewissermassen auf einen gemein-
samen Nenner gebracht werden. Die hierfür benutzten Me-
thoden beruhen gewöhnlich auf dem Diskontieren zukünftiger

Ausgaben (Investitionen und Betriebskosten) und Erlöse. Die
dazu verwendeten Zinssätze sollen nicht nur mit den allge-
meinen Zinssätzen der Wirtschaft vergleichbar sein, sondern
sollen auch ein Gewinnelement einschliessen, das die Inve-
stition des notwendigen Kapitals attraktiv machen kann und
eine gewisse Selbstfinanzierung der Unternehmung ermöglicht.

Energieübertragung und Verteilung

Vor vielen Jahren war es möglich, Kraftwerkanlagen nahe
bei den Lastzentren aufzustellen und dabei die notwendigen
Übertragungsdistanzen klein zu halten. Mit dem wachsenden
Elektrizitätsbedarf ist die Grösse neuer Kraftwerke gestiegen,
und es wurde schwieriger, Standorte nahe bei den Lastzentren
zu finden. Ausgedehnte Übertragungsnetze mussten entwickelt
werden, um die Produktionsanlage mit den Bedarfszentren zu
verbinden. Die Dichte dieser Netze und die Übertragungsfähigkeit
sind dauernd gestiegen, und die grösseren Industrie-
gebiete der Welt sind heute von leistungsfähigen Verbund-
netzen überdeckt, welche die Errichtung grosser neuer Kraft-
werke praktisch überall innerhalb eines ausgedehnten Gebietes
erlauben. So sind Westeuropa, ein grosser Teil von Osteuropa
sowie ganz Nordamerika von Verbundnetzen grössten Aus-
masses überdeckt. Obschon die Kapitalinvestitionen für Über-
tragungsanlagen wesentlich geringer sind als für die Kraft-
werkanlagen, im Mittel vielleicht nur etwa 10% der Kraftwerk-
kosten, verlangt die Entwicklung grosser Netze beträchtliche
Investition, und der wirtschaftlichste Einsatz der notwendigen
Geldmittel muss auf die gleiche Art untersucht werden wie im
Falle der Elektrizitätserzeugung. Während man einerseits bei
der Wahl von Kraftwerkstandorten bestrebt ist, die Über-
tragungsdistanzen nach Möglichkeit klein zu halten, wird bei
der Netzgestaltung versucht, Anlagekosten und Energiever-
lustkosten so zu optimieren, dass sich schliesslich minimale
Energiekosten für das Gesamtsystem ergeben.

Für die Verbraucher muss die Elektrizität auf niedrigere
Spannungen transformiert und in einem verzweigten Mittel-
und Niederspannungsnetz verteilt werden. Rund ein Drittel
der Gesamtinvestitionen in der Elektrizitätswirtschaft ist für
Unterstationen und Verteilanlagen notwendig. Die Dichte
dieser Anlagen wächst laufend mit dem wachsenden Bedarf.
Während jedoch Erzeugungs- und Übertragungsanlagen auf
den simultanen Spitzenbedarf ausgelegt werden können,
müssen die Verteilanlagen der Diversität des Elektrizitätsbe-
darfes Rechnung tragen. Dies bedeutet, dass die Verteilanlagen
gesamthaft für eine wesentlich grössere Leistung als den Spit-
zenbedarf des Systems zu bemessen sind. Damit diese «Über-
dimensionierung» ein Minimum beträgt und die Verteilanlagen
wirtschaftlich tragbar bleiben, muss die Diversität des zu-
künftigen Verbrauchs sorgfältig abgeschätzt werden. Die wirt-
schaftlich und technisch optimale Gestaltung des Verteil-
systemes stellt damit für das Versorgungsunternehmen oft ein
nicht unbedeutendes Problem dar.

Der Betrieb des Versorgungssystems

Wie bereits erwähnt, gehört zu den wichtigen wirtschaft-
lichen Gesichtspunkten beim Ausbau eines Elektrizitätsver-
sorgungssystems die Planung eines optimalen Betriebes so-
wohl der Kraftwerkanlagen wie auch der Übertragungs- und
Verteilanlagen. Insbesondere verlangt dies Berücksichtigung

- des günstigsten Einsatzes der Wasserkraftenergie;
- des ergänzenden Einsatzes von thermischen Kraftwerken;
- der Kosten und Zuwachskosten thermischer Energie und
des Einsatzes dieser Energie nach der Reihenfolge des besten
Wirtschaftlichkeitsgrades;
- des besten Einsatzes der Kraftwerke in bezug auf kleinste
Übertragungs- und Verteilkosten;
- eines Betriebes des Gesamtsystemes, welcher bestmögliche
Betriebsicherheit gewährt;

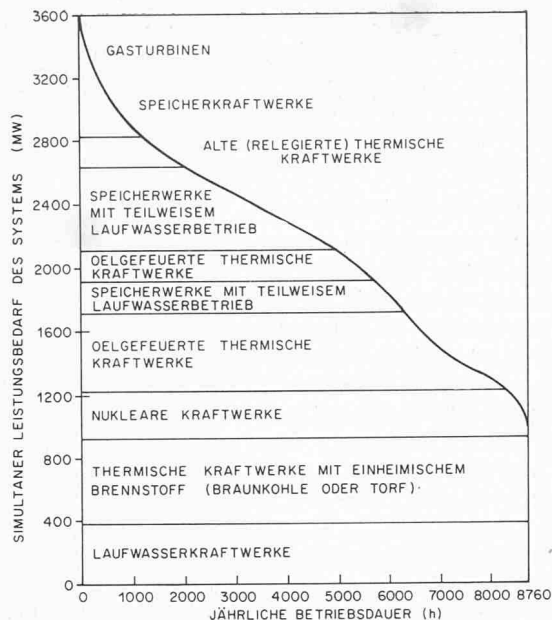


Bild 2. Lastdiagramm eines typischen «gemischten» Systems Wasser- kraftenergie-Thermische Energie (Griechenland um etwa 1978)

– der Verfügbarkeit billigster Reservekraftwerke beim Ausfall von Produktions- oder Übertragungsanlagen.

Der Einsatz der Kraftwerke im Gesamtnetz nach grösstem Wirtschaftlichkeitsgrad wird oft in einem Einsatzbild gemäss dem in Bild 2 dargestellten Beispiel festgehalten. Wasserkraftwerke haben feste Positionen im Erzeugungsbild entsprechend der Verfügbarkeit ihrer Energie. Die dann verbleibenden Lücken des Energiebedarfes werden von den thermischen Anlagen ausgefüllt, deren Wirtschaftlichkeit von der Höhe der Zuwachskosten abhängig ist. Die Erstellung eines solchen Produktionsbildes verlangt somit eine genaue Errechnung der Zuwachskosten unter Berücksichtigung der verschiedenen möglichen Verhältnisse der hydraulischen Energieerzeugung. Die Optimierung der Lastverteilung auf die einzelnen Kraftwerke eines grösseren Versorgungsnetzes unter Berücksichtigung all der hier genannten Gesichtspunkte stellt ein komplexes Problem dar, zu dessen Lösung heute weitgehend Computer eingesetzt werden müssen.

Der Verkauf elektrischer Energie

Der wohl wichtigste wirtschaftliche Gesichtspunkt für das Elektrizitätsversorgungsunternehmen ist die Frage des Wiedereinbringens der Ausgaben. Es wird seit jeher als selbstverständlich betrachtet, dass die öffentliche Elektrizitätsversorgung ihre Produkte zum billigstmöglichen Preis abgibt, und dass kein spekulativer Markt für Elektrizität besteht. In vielen Teilen der Welt ist die Bevölkerung zudem an eine dauernde und sichere Lieferung von Elektrizität gewöhnt. Sie akzeptiert auch, dass sie für verbrauchte Energie etwas bezahlen muss, fordert aber gerechte Tarifsätze. Es ist dabei notwendig, die Kosten der Elektrizitätserzeugung und -lieferung äusserst sorgfältig zu berechnen und eine Tarifstruktur zu entwickeln, welche eine Deckung der Kosten der Versorgung stets gewährleistet, ungeachtet der Tatsache, dass die Voraussage des Energiemarktes eine gewisse Unsicherheit enthält.

Aufgabe der Tarifgestaltung ist es, geeignete Tarifformeln zu finden, welche den Kosten der Lieferung und dem besonderen Bedarfsbild des Verbrauchers nach Möglichkeit Rechnung tragen. Die Kosten der Energielieferung können gesamthaft für ein Versorgungssystem zwar recht genau bestimmt und analysiert werden (siehe Beispiel in Bild 3). Jede Kategorie von Verbrauchern, ja praktisch jeder einzelne Ver-

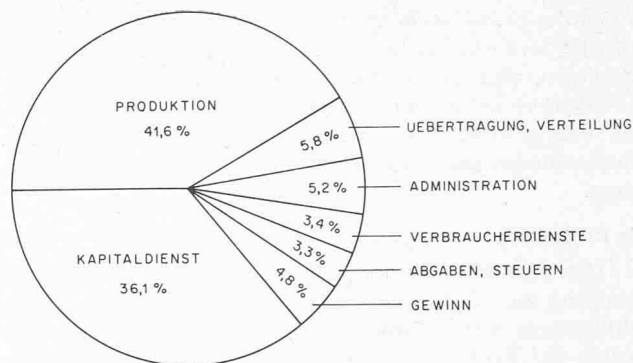


Bild 3. Zusammensetzung der Kosten einer kWh in einem thermischen Netz (England 1968/69)

braucher hat jedoch wieder ein anderes Bedarfsbild, und entsprechend müssten auch die für die verschiedenen Kategorien errechneten Lieferungskosten variieren. Solche Berechnungen sind äusserst anspruchsvoll und verlangen das Vorhandensein umfassender statistischer Unterlagen zu ihrer Lösung. Die Tarifgestaltungen in den verschiedenen Ländern sind aussergewöhnlich vielfältig, da sie allen lokalen Bedingungen Rechnung tragen müssen. Moderne Rechenhilfsmittel werden in vermehrtem Masse herangezogen, um willkürliche Tarifgestaltung zu vermeiden. Gleichzeitig wird heute vielfach auch eine Vereinfachung der Tarifstruktur und damit der Messung und Verrechnung angestrebt und so ein besseres Verständnis für die Stromverrechnung seitens des Verbrauchers erreicht.

Elektro-Watt

DK 061.5

1895 wurde die heutige Elektro-Watt (damals Elektrobank genannt) gegründet, um Elektrizitätsunternehmen im In- und namentlich im Ausland zu finanzieren. Dieser Geschäftsbereich wurde in späteren Jahren mehr und mehr in die Schweiz verlagert. Ungefähr 45 % der Aktiven liegen heute im Inland und rund 55 % im Ausland. In den vergangenen 25 Jahren widmete sich die Gesellschaft in erster Linie der Erschliessung der schweizerischen Wasserkraft und leistete so mit ihrer Gruppe einen entscheidenden Beitrag an die Versorgung unseres Landes mit hydroelektrischer Energie. Heute ist diese Periode weitgehend abgeschlossen. Die Elektro-Watt wurde von dieser Entwicklung nicht unvorbereitet getroffen; die Gruppe befasst sich seit Jahren mit dem Einsatz der Atomenergie in der schweizerischen Energiewirtschaft und hat u. a. die Initiative zum Bau des Kernkraftwerkes Leibstadt (Kanton Aargau) ergriffen.

Um die Geschäftstätigkeit im Interesse einer gesunden Risikoverteilung auf eine zweite Säule abzustützen, hat die Elektro-Watt schon vor Jahren begonnen, sich massgeblich an Industrieunternehmen, vorwiegend auf dem Gebiet der angewandten Elektrotechnik, zu beteiligen. Einzelne dieser Gesellschaften zählen heute mit zu den rentabelsten Unternehmen der Gruppe.

Die technische Abteilung wurde Ende 1964 als Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AG rechtlich verselbständigt und ist mittlerweile zu einem der bedeutendsten Ingenieurbüros Europas geworden. Es bearbeitet in aller Welt umfassende Aufträge aus sämtlichen Gebieten des Ingenieurwesens, wie zum Beispiel Atomkraftwerke in Europa, Wasserkraftanlagen in Südamerika, Entwicklungsprojekte in Griechenland, der Türkei und Asien, und gemeinsam mit anderen Partnern die Projektierung und Bauleitung des Gotthardstrassentunnels.