Wirtschaftliche Gesichtspunkte der Elektrizitätsversorgung

Autor(en): **Goldsmith, K. / Leemann, R.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **88 (1970)**

Heft 44

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-84656

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bauamtes 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 rechtzeitig 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 Elektrizitätsunternehmungen 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 verschiedenen 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 Neuanschlüsse 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 entsprechend 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 vorauszuschätzen. 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 vorauszusehende wirtschaftliche und meteorologische/hydrologische Verhältnisse und die Unsicherheit bezüglich Verfüg-

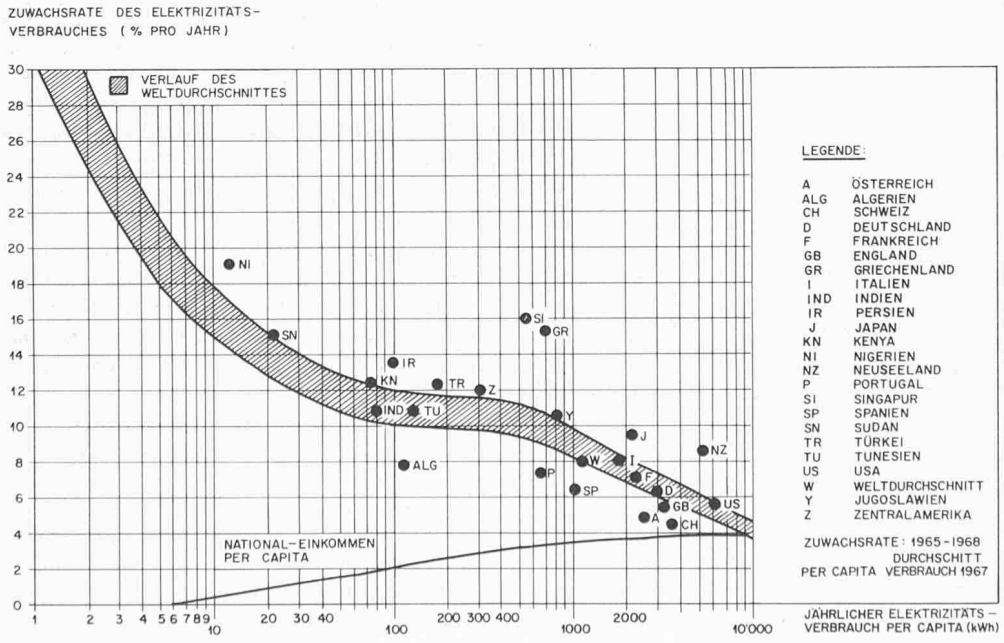

Bild 1. Zuwachsrate des Elektrizitätsverbrauchs und per-capita-Verbrauch für verschiedene Länder

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 Reservemarge.

Die Produktion

Die Auswahl der für die kommerzielle Elektrizitätserzeugung zur Verfügung stehenden Energiequellen ist verhältnismässig klein. Obwohl heute oft von neuen Energiequellen 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 ausgewertet 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 Wasserkraftprojektes verlangt daher in jedem Fall die Untersuchung einer thermischen Alternative für das betreffende Versorgungsgebiet. 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 Kühlwasserfrage Bau und Betrieb der entsprechenden Anlage tatsächlich ermöglichen würden.

Der Entscheid über die geeignete Art der Elektrizitätserzeugung beruht schliesslich auf der Bestimmung des höchsten wirtschaftlichen Erlöses, welcher im Verhältnis zu den erforderlichen Kapitalinvestitionen erzielt werden kann. Die wirtschaftliche Analyse verlangt daher die sorgfältige Abschätzung der notwendigen Kapitalinvestitionen wie auch der über die gesamte Lebensdauer der Anlage zu erwartenden Betriebskosten (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 Ermittlung der Gesamtkosten, welche dem betreffenden Versorgungssystem zur Deckung des Elektrizitätsbedarfes erwachsen, unter Berücksichtigung der allfälligen Alternativ-Installationsprogramme. Damit werden vielfältige und komplexe Berechnungen notwendig, welche die Anwendung moderner Methoden und oft den Einsatz von Computern erfordern. Kapitalinvestitionen, Betriebskosten und Erlöse müssen, damit ein Vergleich verschiedener Alternativen auf gleicher Basis möglich ist, gewissermassen auf einen gemeinsamen Nenner gebracht werden. Die hierfür benutzten Methoden beruhen gewöhnlich auf dem Diskontieren zukünftiger Ausgaben (Investitionen und Betriebskosten) und Erlöse. Die dazu verwendeten Zinssätze sollen nicht nur mit den allgemeinen Zinssätzen der Wirtschaft vergleichbar sein, sondern sollen auch ein Gewinnelement einschliessen, das die Investition 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 Industriegebiete der Welt sind heute von leistungsfähigen Verbundnetzen überdeckt, welche die Errichtung grosser neuer Kraftwerke praktisch überall innerhalb eines ausgedehnten Gebietes erlauben. So sind Westeuropa, ein grosser Teil von Osteuropa sowie ganz Nordamerika von Verbundnetzen grössten Ausmasses überdeckt. Obschon die Kapitalinvestitionen für Übertragungsanlagen wesentlich geringer sind als für die Kraftwerkanlagen, im Mittel vielleicht nur etwa 10% der Kraftwerkkosten, 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 Übertragungsdistanzen nach Möglichkeit klein zu halten, wird bei der Netzgestaltung versucht, Anlagekosten und Energieverlustkosten 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 Elektrizitätsbedarfes Rechnung tragen. Dies bedeutet, dass die Verteilanlagen gesamthaft für eine wesentlich grössere Leistung als den Spitzenbedarf des Systems zu bemessen sind. Damit diese «Überdimensionierung» ein Minimum beträgt und die Verteilanlagen wirtschaftlich tragbar bleiben, muss die Diversität des zukünftigen Verbrauchs sorgfältig abgeschätzt werden. Die wirtschaftlich und technisch optimale Gestaltung des Verteilsystemes stellt damit für das Versorgungsunternehmen oft ein nicht unbedeutendes Problem dar.

Der Betrieb des Versorgungssystemes

Wie bereits erwähnt, gehört zu den wichtigen wirtschaftlichen Gesichtspunkten beim Ausbau eines Elektrizitätsversorgungssystemes die Planung eines optimalen Betriebes sowohl 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 Betriebssicherheit gewährt;

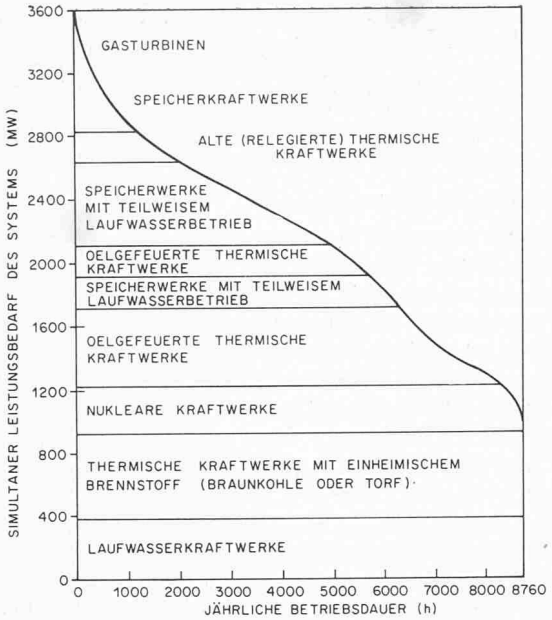

Bild 2. Lastdiagramm eines typischen «gemischten» Systems Wasserkraftenergie-Thermische Energie (Griechenland um etwa 1978)

– 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 Verbraucher 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.

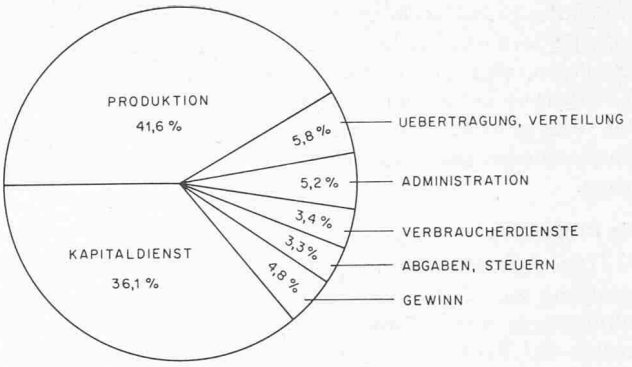

Bild 3. Zusammensetzung der Kosten einer kWh in einem thermischen Netz (England 1968/69)

Elektro-Watt

DK 061.5

1895 wurde die heutige Elektro-Watt (damals Elektrobank genannt) gegründet, um Elektrizitätsunternehmungen 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 Wasserkräfte 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 Industrieunternehmungen, vorwiegend auf dem Gebiet der angewandten Elektrotechnik, zu beteiligen. Einzelne dieser Gesellschaften zählen heute mit zu den rentabelsten Unternehmungen 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.