

# GEITEL MAX

SCHÖPFUNGEN DER  
INGENIEURTECHNIK DER  
NEUZEIT

**Max Geitel**  
**Schöpfungen der**  
**Ingenieurtechnik der Neuzeit**

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=24937133](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=24937133)  
Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit:*

# Содержание

Vorwort zur zweiten Auflage	4
Einleitung	6
I. Eiserne Brücken- und Hochbauten	10
II. Tunnelbauten	31
Конец ознакомительного фрагмента.	40

# **Max Geitel**

## **Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit**

### **Vorwort zur zweiten Auflage**

Die Leistungen der Technik der Neuzeit reden eine so machtvolle und überzeugende Sprache, daß – im Gegensatz zu früheren Zeiten – die Kenntnis der wesentlichsten Zweige der Technik zu dem Rüstzeug des Gebildeten gehört. Die Schöpfungen der Ingenieurtechnik nehmen insofern eine besondere und eigenartige Stellung ein, als sie sich der Allgemeinheit am unmittelbarsten vor Augen führen und durch den Segen, den sie bringen, am nachhaltigsten und verständlichsten den Ruhm der Technik von heute predigen.

Überaus schwierig war es, die Auswahl aus der reichen Fülle des Stoffes zu treffen. Wie in der gesamten Technik, so überbietet die Schöpfung der Ingenieurtechnik von heute die von gestern. Was vor wenigen Monaten noch als die Höchstleistung galt, ist oft schon dann veraltet, wenn es aus dem Plan in die Wirklichkeit übertragen wurde. Was der Ingenieur zu Beginn seiner Laufbahn bewunderte, wird häufig von ihm heute belächelt. Der Weltkrieg, der zu einem erheblichen Teile mit

*technischen Mitteln* geführt wurde, hat dies in besonderem Maße bestätigt und Leistungen gezeitigt, die bisher als unerfüllbar galten. Die Auswahl aus den Schöpfungen der Ingenieurtechnik ist, wie in der ersten Auflage, auf solche beschränkt, von denen nach menschlicher Voraussicht anzunehmen ist, daß sie auf längere Zeit hinaus als Meisterwerke gelten werden.

*Berlin-Wilmersdorf*, im Dezember 1921.

Max Geitel.

# Einleitung

*Eine jede Technik ist merkwürdig, wenn sie sich an vorzügliche Gegenstände, ja wohl gar an solche heranwagt, die über ihr Vermögen hinausreichen.*  
*Goethe.*

Wenn wir in den nachstehenden Abhandlungen eine Anzahl von Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit in Wort und Bild vorführen, so fassen wir hierbei das Gebiet der Ingenieurtechnik im weitesten Sinne des Sprachgebrauches auf, nicht in dem engen Sinne der technischen Wissenschaft und Sprachweise. Abraham a S. Clara, das Vorbild des Schillerschen Wallenstein-Kapuziners, erteilt der Stadt Nürnberg folgendes wohlverdiente Lob: »Weit mehr Künstler seynd von dieser Stadt herkommen, als gewaffnete Soldaten gestiegen aus dem großen Trojanischen Pferd, daß man also schier solle diese Stadt nicht mehr *Nürnberg*, sondern *Hirnberg* nennen, zumahlen so viel vernünftige und zu allen Künsten capable Köpff anzutreffen«. Von jeher hat der Stand der Ingenieure solche »capable Köpff« unter seinen Gliedern gezählt. Ihnen verdankt die Menschheit von heute einen guten Teil ihres Hochstandes. Zu den verständnisvollsten Kennern und Bewunderern der Technik gehörte Goethe. Mit sicherem Blicke erkannte er dasjenige in der Tätigkeit des Technikers, das diesem die Bewunderung der Mit- und Nachwelt einträgt und das darin besteht, daß er sich an solche

Gegenstände heranwagt, die über sein Vermögen hinausgehen oder *doch hinauszugehen scheinen*. Dieser Wagemut tritt uns in den nachstehend behandelten Beispielen der Ingenieurtechnik in besonders hellem Glanze entgegen. Hierbei werden wir uns, entsprechend der vorstehend gegebenen weiteren Ausdehnung des Begriffes des Ingenieurs, nicht nur mit den Leistungen des Bau- und des Maschinen-Ingenieurs befassen, sondern auch dem Schiffbautechniker und dem Bezwinger der Lüfte und des Raumes sowie dem Ingenieur-Chemiker und dem Kriegs-Ingenieur die verdiente Würdigung widerfahren lassen.

Wir beginnen mit der Beschreibung einiger hervorragender *Eisenbauten*. Hier sind es die *Brücken*, die als Überwinder der trennenden Macht der Flüsse und Meeresarme schon seit den ältesten Zeiten bei der Allgemeinheit das Gefühl der Bewunderung und der Dankbarkeit gegen die Erbauer erweckten. Treffend dies Schiller in dem Distichon »*Die schöne Brücke*« zum Ausdruck:

Unter mir, über mir rennen die Wellen, die Wagen, und  
gütig  
Gönnte der Meister mir selbst, auch mit hinüber zu gehn.

—

Allerdings machen die neuzeitlichen Brückenbauten weniger Anspruch auf Schönheit als auf Sicherheit und Zweckmäßigkeit. Aber unter Würdigung ihrer hohen Bedeutung als Vermittler des Verkehrs, der Kultur, des Austausches körperlicher und geistiger Güter, gewinnen ihre den Gesetzen der

zahlenmäßigen Berechnung unterworfenen Formen nicht minder die Weihe der Schönheit als die formvollendetsten zu Stein gewordenen Dichtungen der Architektur. Im Anschluß an die Brückenbauten führen wir die Riesenbauten der *Wolkenkratzer* vor und einige bemerkenswerte Anwendungen des neuesten Baustoffes, des *Eisenbetons*. Sodann wenden wir uns der Beschreibung der *Durchbohrung eines der größten Bergriesen der Alpenwelt* zu, um hierauf einige der hervorragendsten Beispiele aus dem Gebiete des *Kanalbaues*, auf dem schon unsere Vorfahren Großes leisteten, folgen zu lassen. Auch auf dem Gebiete der die Wasserkräfte der Flüsse und Bäche aufspeichernden *Staudämme*, denen wir uns alsdann widmen, haben unsre Väter bereits Hervorragendes geleistet. Um so neuzeitlicher sind diejenigen Ingenieurleistungen, denen wir uns in den folgenden Abschnitten widmen: die *elektrische Kraftverteilung*, die *elektrischen Fernbahnen*, die *Hoch- und Untergrundbahnen unsrer Riesenstädte*, die *den Ozean durchquerenden Riesenpaläste*, die den Traum des Dädalus erfüllenden *Luftschiffe und Flugzeuge*, der jüngste Triumph in der Meisterung der Naturkräfte: die *drahtlose Telegraphie* und die hervorragendsten durch den Weltkrieg gezeitigten Ingenieurleistungen.

Mehrere der von uns zu behandelnden Schöpfungen der Ingenieurtechnik können füglich zu den *sieben Weltwundern der Neuzeit* gerechnet werden. Allerdings ist die Bemessung des Begriffes »Wunder« in hohem Maße von der Auffassung des

einzelnen abhängig. Eine amerikanische technische Zeitschrift hat den Versuch gemacht, durch eine bei ihren Lesern gehaltene Umfrage festzustellen, welche sieben Weltwunder der Neuzeit an die Stelle der mit Ausnahme der Pyramiden vom Erdboden verschwundenen sieben Weltwunder des Altertums zu setzen seien. Die überwiegende Mehrzahl der abgegebenen Stimmen stellte die *sieben Weltwunder der Neuzeit* in der nachfolgend wiedergegebenen Reihenfolge hin: 1. die drahtlose Telegraphie, 2. das Telephon, 3. der Flugapparat, 4. das Radium, 5. die Antiseptika, 6. die Spektralanalyse, 7. die X-Strahlen. Eine große deutsche Tageszeitung erließ die gleiche Umfrage. Die hier abgegebenen Stimmen vereinigten sich in der nachstehenden Reihenfolge auf die drahtlose Telegraphie, den Panamakanal, das lenkbare Luftschiff, die Flugmaschine, die Radiumanwendung, den Kinematograph, den Riesendampfer »Imperator«.

# I. Eiserne Brücken- und Hochbauten

Die gewaltige Entwicklung, die der Brückenbau in den letzten Jahrzehnten genommen hat, und die uns in der Überbrückung immer größerer Spannweiten entgegentritt, hat zweierlei Quellen, die beide aus der wissenschaftlichen Vertiefung entspringen, die die Technik im allgemeinen und die Ingenieurtechnik im besonderen genommen hat. Zunächst ist hier die Vervollkommnung der verschiedenen auf die *Darstellung von Eisen und Stahl* abzielenden Arbeitsverfahren zu nennen. Sodann war es die *Ausgestaltung und Anwendung der Mathematik und Mechanik* durch Ritter, Culmann, Schwedler, Müller-Breslau u. a. m., die in der sog. graphischen Statik dem Ingenieur das Mittel in die Hand gab, um die in den einzelnen Teilen der Bauwerke auftretende Inanspruchnahme nicht nur rechnerisch, sondern auch zeichnerisch festzulegen und die einzelnen Bauteile mit dem *Aufwand geringsten Materials und doch vollkommen sicher* auszuführen.

Im Jahre 1778 wurde die erste noch heute in Benutzung befindliche eiserne Brücke bei Iron-Bridge in England erbaut. Sie hat eine Spannweite von 33 m. Im Laufe der Jahrzehnte erhöhten sich die Spannweiten allmählich mit der Vervollkommnung der Eisendarstellung und des wissenschaftlichen Rüstzeuges zu früher nicht geahnten Ausmaßen. Nachstehend bringen wir eine kleine Auslese aus den

## größten eisernen Brücken der Erde.

	Spannweite:
Zambesibrücke	152,4 m
Nordostsee-Kanal-Brücke bei Grüental	156,8 m
Hohenzollernbrücke bei Köln	159,92 m
Dourobrücke bei Oporto	160,00 m
Wupperbrücke bei Müngsten	160,00 m
Nordostsee-Kanal-Brücke bei Levensau	163,40 m
Garabit-Viadukt	165,00 m
Niagarabrücke	167,64 m
Viaur-Viadukt	220,00 m
Mississippibrücke bei Memphis	240,00 m
Höllentor-Brücke über den East River bei New York	298,00 m
Forth-Brücke	521,20 m
Brücke über d. St. Lorenzstrom bei Quebec	548,64 m

Besonders große Spannweiten weisen die neuzeitlichen Hängebrücken auf. Wir nennen hier:

	Spannweite:
Die Niagarabrücke mit	250,34 m
Die East-River-Brücke bei New York mit	487,60 m
Die projektierte Hudsonbrücke bei New York mit	987,55 m

Aus der Zahl der großen Brückenbauten eine geeignete Auswahl zu treffen, ist eine schwierige Aufgabe. Immerhin ist bezüglich der nachstehend beschriebenen fünf großen Brückenbauten festzustellen, daß jede derselben eine eigenartige

Stellung einnimmt: die *Forthbrücke* fordert unsere Bewunderung durch ihre gewaltigen Abmessungen heraus; bei der *Zambesibrücke* waren erhebliche örtliche Schwierigkeiten zu überwinden; der Bau der *Hohenzollernbrücke bei Köln* mußte sich unter überaus schwierigen Verhältnissen vollziehen, da es sich hier um den Ersatz einer einen außerordentlich regen Eisenbahnverkehr vermittelnden Riesenbrücke handelte; die *Hoanghobrücke* fesselt uns durch ihre riesenhaften Abmessungen und die aus der entlegenen Lage des Bauplatzes sich ergebenden Schwierigkeiten; der Bau der *St. Lorenzbrücke* wurde zweimal durch schwere Unfälle unterbrochen, die die Fertigstellung um Jahre verzögerten.

Die Tatsache, daß der Bau der Forthbrücke überhaupt beabsichtigt und ausgeführt wurde, bildet einen Beleg für die Richtigkeit des Spruches: »*Zeit ist Geld*«, denn die durch den Bau der Brücke und der erforderlichen Nebenanlagen verschlungene Summe beläuft sich auf insgesamt 67 400 000 Mk., während die erreichte Entfernungsverminderung nur den sehr geringen Betrag von 40 km ausmacht, also eine Strecke, für deren Bewältigung das Dampfroß noch nicht den Aufwand einer halben Stunde gebraucht. Ein von Bouch, dem Erbauer der am 28. Dezember 1879 mit einem vollbesetzten Personenzuge durch einen Sturm in die Tiefe gerissenen Tay-Brücke, herrührender Plan war abgelehnt worden. An Stelle desselben entschied man sich für einen von den Ingenieuren John Fowler und Benjamin Baker aufgestellten Entwurf. Dieser

sah eine Brücke nach dem von dem Deutsch-Amerikaner Gerber bereits bei der Niagarabrücke mit Erfolg angewandten *Kantilever-, Ausleger-, Krag- oder Konsol-System* vor. Das Kennzeichen dieser Bauweise besteht darin, daß die Brücke ohne Anwendung eines dieselbe stützenden Baugerüsts von beiden Ufern aus konsolartig vorgebaut wird, bis sie in der Mitte, hoch über den Fluten zum Schluß gebracht wird.

Die einer Gesamtansicht dargestellte Brücke überspannt mit zwei Öffnungen von je 521,20 m lichter Weite den Firth of Forth. Um den den Meeresarm befahrenden Schiffen den Durchgang zu gestatten, liegen die Eisenbahnschienen in einer Höhe von 47,7 m über dem Wasserspiegel. Die die Konsolen oder Ausleger nach beiden Seiten hin entsendenden Mittelpfeiler sind 107 m hoch. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt 2466,1 m. Die Anwendung der Kantilever- oder Konsol-Bauart erschien im vorliegenden Falle um deswillen geboten, weil die Tiefe des Meeresarmes an der zu überbrückenden Stelle 60 m beträgt, und daher die Aufstellung eines Baugerüsts der Brücke unmöglich war. Demnach begann man den Bau zunächst mit der Errichtung der beiden großen, aus je 4 Eckpfeilern bestehenden Mittelpfeiler, von denen aus dann die gewaltigen eigentlichen Träger, die Konsolen oder Ausleger, nach beiden Seiten hin vorgebaut wurden. Diese zielbewußt und ohne erheblichen Unfall ausgeführte Leistung ist in höchstem Maße bewunderungswürdig, wenn man sie mit dem Bau des Eiffelturmes vergleicht, denn jeder von den Mittelpfeilern

ausladende Brückenarm entspricht einem Eiffelturm. Ist schon der senkrechte Aufbau des letzteren als eine Ingenieurleistung ersten Ranges zu bezeichnen, um wieviel mehr muß dies von dem wagerecht in schwindelnder Höhe erfolgten gerüstlosen Vortrieb dieses Riesenturmes gelten. Zwischen den Endpunkten der von den Mittelpfeilern nach beiden Seiten hin ausladenden Konsolen wird der noch zu überbrückende Teil der Spannweite durch einen mit Hilfe von Gelenken eingeschalteten Fachwerkträger überspannt. Diese Bauart wird als *Kantilever- oder Konsolbrücke mit freischwebenden Stützpunkten* benannt und findet dort Anwendung, wo aus irgendwelchen Gründen die Errichtung eines Baugerüsts zwischen den Stützpunkten nicht möglich, und die Spannweite besonders groß ist. zeigt ein lebendes Modell der Forthbrücke: Die beiden auf Stühlen sitzenden Personen entsprechen den beiden Hauptpfeilern, während der mittlere, gelenkige Teil der Brücke durch den von der mittleren Person eingenommenen Sitz dargestellt wird. Die Arme der beiden ersteren Personen sind als Konsolen ausgebildet. Die über dem Wasser liegenden Konsolen tragen das gelenkige Zwischenstück, während die dem Lande zugekehrten Konsolen hier durch Fundamente gesichert sind.

Für jeden der 4 Eckpfeiler eines jeden Hauptpfeilers wurde ein Mauerkörper von 15 m Durchmesser errichtet; die Verankerung der Eckpfeiler auf diesen Mauerkörpern erfolgte durch 48 Stahlbolzen von 65 mm Stärke. Der südliche Pfeiler ist auf eisernen Sinkkästen, Caissons, ausgebaut, die unter

Anwendung von Druckluft durch die hier vorhandene starke Schlammschicht bis auf den festen Baugrund hinabgesenkt wurden. Ein solcher Sinkkasten hatte einen Durchmesser von 21,3 m. Drei derselben wurden ohne Unfall an den Ort ihrer Bestimmung gebracht. Bei der Verlegung des vierten Kastens aber ereignete sich am Neujahrstage 1885 ein schwerer, den Bau stark verzögernder Unfall. An diesem Tage ruhte die Arbeit. Der Kasten, der glücklich bis an die Stelle gebracht war, wo er versenkt werden sollte, setzte sich so tief im Schlamm fest, daß die Flut ihn nicht zu heben vermochte. Er füllte sich mit Wasser, neigte sich zur Seite und wurde außerdem noch  $4\frac{1}{2}$  m von der ihm bestimmten Stelle abgetrieben. Endlich, im Oktober, wurde der Caisson an seinen richtigen Ort gebracht. Auch die beiden südlichen Eckpfeiler des Mittelpfeilers ruhen auf Sinkkästen. Die Lage des nördlichen Pfeilers ermöglichte es, daß dessen Fundamente durchgehends unter Anwendung von Fangdämmen ausgeführt werden konnten. Die Pfeiler und die Konsolen sind aus röhrenförmigen Säulen und Streben zusammengefügt. Der Durchmesser dieser Röhren beträgt bis zu 3,66 m. Überaus schwierig gestaltete sich die Ausführung der Knotenpunkte, das sind die Verbindungen zwischen den einzelnen Röhren und Streben. Die Brücke weist Stellen auf, wo zehn verschiedene Teile von ungewöhnlichen Abmessungen und Formen zusammenstoßen und miteinander verbunden werden mußten. Um diese Verbindungen zu erleichtern, ließ man den kreisförmigen Querschnitt der Röhren in der Nähe

der Knotenpunkte in eine viereckige Form übergehen. Das Hinausbauen der Konsolen geschah in der Weise, daß durch hydraulische Nietmaschinen die einzelnen Rohrteile und Bleche voreinandergebracht wurden. Hierbei war dafür Sorge zu tragen, daß die beiden nach verschiedenen entgegengesetzten Richtungen ausladenden Konsolen gleichmäßig vorgetrieben wurden, damit der Hauptpfeiler nicht einseitig belastet und zum Kippen gebracht wurde. Beide Konsolen mußten sich also während des gesamten Bauvorganges das Gleichgewicht halten. Die mit Hilfe der Nietmaschinen voreinander gebrachten Teile mußten, bevor sie mit den bereits fertiggestellten Teilen in feste Verbindung gebracht werden konnten, durch Hilfskonstruktionen abgestützt werden. Der dem Fortgang des Vortriebes der Konsolen entsprechende Vorschub der Nietmaschinen geschah auf hydraulischem Wege. Besondere Sorgfalt erforderte auch die Innehaltung der Richtung bei dem Vorbau der Konsolen. Das zwischen diesen liegende bewegliche Schlußglied wurde zunächst in fester Verbindung mit jenen ausgeführt und erst nach erfolgter Fertigstellung an seinen beiden Enden auf Rollen gelegt. Die gewaltigen Abmessungen der Brücke spiegeln sich u. a. in dem Einfluß wider, den die Erhöhung der Luftwärme auf das Baumaterial ausübt. Die aus dem Temperaturunterschied entspringenden Längsverschiebungen betragen fast 1 m; bescheint die Sonne die Brücke einseitig, so hat dies eine Bewegung von 0,2 m senkrecht zur Brückenachse zur Folge.

Am 4. März 1890 wurde die Brücke ihrer Bestimmung übergeben.

Die im Zuge der Kap-Kairo-Eisenbahn den Zambesifluß unterhalb der Viktoriafälle überspannende Brücke ist in ihrem Hauptteile ebenfalls nach dem Kantelever- oder Auslegersystem erbaut. Dieser den reißenden Strom übersetzende Hauptteil ist gleich der Forthbrücke ohne Gerüst von beiden Ufern aus vorgebaut und hat eine lichte Weite von 152,4 m; die Pfeilhöhe des Bogens der Eisenkonstruktion beträgt 27,4 m. Die Brücke liegt fast unmittelbar unterhalb der Fälle, die bei über 1600 m Breite die Fluten des Zambesi in eine Tiefe von 140 m hinabstürzen lassen. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt 198 m, also ein keineswegs ungewöhnliches Maß. Was aber den Bau, insbesondere dessen Vorarbeiten überaus schwierig gestaltete, das waren außergewöhnliche örtliche Verhältnisse. Diese ergaben sich aus der großen Höhe der steil aus den Wirbeln des Stromes emporragenden Felsufer und hatten zur Folge, daß die Brücke von beiden Ufern aus in der schwindelnden Höhe von 115 m über dem Wasserspiegel vorgebaut werden mußte. Um das Maß der Entfernung der beiden Ufer festzustellen, wurde eine Rakete, an der ein dünnes Seil befestigt war, über den Fluß geschleudert und mit Hilfe dieses Seiles ein Telephondraht über den Fluß gespannt, und außerdem ein Stahldraht zum Messen der Entfernung gezogen. Der Telephondraht war erforderlich, weil, um von einem zum andern Ufer zu gelangen, ein Umweg von 16 km zurückzulegen war. Der den Bau leitende Ingenieur C.

Beresford Fox begnügte sich aber nicht mit der telephonischen Verständigung, sondern ließ an einem über den Fluß gespannten Drahtseil ein Sitzbrett anbringen, auf dem er sich mittels eines endlosen Seiles in schwindelnder Höhe von der einen zu der andern Baustelle ziehen ließ. Um die während des Baues etwa abstürzenden Arbeiter vor dem sichern Tode des Ertrinkens zu bewahren, wurde ein Schutznetz über den Strom ausgespannt.

Die am 5. Oktober 1859 nach 4½jähriger Bauzeit eröffnete, von der Köln-Mindener Eisenbahngesellschaft mit einem Aufwand von 3 927 434 Talern gleich rund 11 780 000 Mk. erbaute Kölner Rheinbrücke (eine Gitterbrücke mit 4 Öffnungen) genügte bereits seit geraumer Zeit nicht mehr den erhöhten Anforderungen, die der zunehmende Verkehr an sie stellte. Dieser war von 8–10 täglich die Brücke befahrenden planmäßigen Zügen auf 380 gestiegen. Am 19. Juni 1907 wurde mit dem Bau der an die Stelle dieser alten Rheinbrücke tretenden Hohenzollernbrücke, begonnen. Diese hat nur 3 Öffnungen, deren mittlere 159,92 m und deren beiden seitlichen Öffnungen je 116 m Lichtweite besitzen. Der Bau dieser neuen Brücke, einer Bogenbrücke mit angehängter Fahrbahn, gestaltete sich um deswillen schwierig, weil während der Bauzeit der Straßenverkehr und der Eisenbahnbetrieb aufrecht zu erhalten waren, und außerdem schiffahrtspolizeiliche Erschwernisse zu überwinden waren.

Der Entwurf des ingenieurbautechnischen Teiles wurde im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin, nachdem er

in der Eisenbahndirektion Köln aufgestellt war, geprüft und festgestellt. Die Berechnung und bauliche Durchbildung der eisernen Überbauten wurde der Aktiengesellschaft Harkort zu Duisburg und der Maschinenbauanstalt Nürnberg, Zweiganstalt Gustavsburg, übertragen. Die obere Leitung lag bei der Eisenbahndirektion Köln. Von besonderer Eigenart sind die die Beseitigung der alten Brücke bezweckenden Arbeiten. Hätte man diese in der üblichen Weise abgebrochen, indem man Holzjoche zu deren Unterfangung in den Strom einrammte und über diesen den Überbau stückweise entfernte, so würde man 2–3 Monate an der Bauzeit verloren haben. Infolgedessen entschloß man sich, die Brücke mit Hilfe des Wasserstoff-Sauerstoff-Verfahrens zu zerschneiden, und die so gewonnenen Einzelteile mittels schwimmender Gerüste zu entfernen und ans Ufer zu setzen. Das Eisenwerk der alten Brücke bestand aus zwei durchlaufenden, auf dem mittelsten der drei Stropfweiler unterbrochenen Gitterträgern von 8,5 m Höhe. Jeder der Träger hatte nach Beseitigung der Fahrbahn ein Gewicht von rund 840 t. Da jede der vier Öffnungen getrennt entfernt werden mußte, wurden zunächst die Träger auf den Zwischenweilern durchschnitten. Nunmehr wurde ein entsprechend angeordnetes Gerüst, das auf rechteckigen Kähnen von entsprechender Tragkraft stand, durch Schleppdampfer unter den auszufahrenden Träger gebracht und dort verankert. Die Kähne waren mit Wasserballast gefüllt. Wurde dieser durch Pumpen aus den Kähnen hinausgeschafft, so hoben sich jene

und lüfteten hierbei den auf dem Gerüst ruhenden Träger von seinen Stützpunkten nach oben. Sobald der Träger frei schwebte, wurden die Anker gelichtet, und das Schwimmgerüst mit dem auf ihm liegenden Träger durch Schleppdampfer in ein seitlich gelegenes Abbruchgerüst übergeführt. Die Beseitigung der mittleren Öffnungen vollzog sich in der kurzen Zeit von 40 Minuten. Die Beseitigung der rechtsseitigen Öffnung dauerte eine Stunde, die der linksseitigen Öffnung 2½ Stunden. Bei dem Bau der neuen Brücke sind rund 11 500 cbm Werksteine und 46 500 cbm Beton verbaut, 8600 cbm Ziegelsteinmauerwerk, 610 t Profileisen für die Gründungsarbeiten und 160 t sonstiges im Mauerwerk vermauertes Eisen mit einem Kostenaufwand von 3 530 000 Mk. Das Gesamtgewicht des eisernen Überbaues betrug 16 560 t bei einem Kostenaufwand von 4 290 000 Mk. Die Gesamtkosten betragen, ausschließlich der an den Portalen aufgestellten Reiterstandbilder und der Verwaltungskosten, rund 13 300 000 Mk.

Die den Hoangho im Zuge der Tientsin-Pukow-Bahn überbrückende in dargestellte gewaltige Brücke ist von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Gustavsburg, erbaut und im November 1912 eröffnet worden. Der Hoangho oder »gelbe Fluß« bildet seiner tückischen Eigenschaften wegen von jeher den »gelben Kummer« Chinas. Im Laufe der Jahrhunderte hat er unter Vernichtung von Tausenden von Menschenleben die ihn umgebenden Deiche durchbrochen und seine Mündung verlegt. Dieses geschah insgesamt neunmal,

zuletzt im Jahre 1851, wo sich die Mündung, die bisher südlich der Schantungshalbinsel lag, nach ihrem jetzigen Orte verlegte. Dort, wo die Brücke den Fluß 200 km oberhalb der Mündung überschreitet, hat dieser eine Breite von etwa 500 m. Die Breite des hier zu überbrückenden Überschwemmungsgebiets beläuft sich jedoch auf etwa 1300 m, woraus sich die ungewöhnliche Länge des Bauwerks erklärt. Diese beträgt einschließlich der Pfeiler 1255,20 m. Hiervon entfallen 834 m auf die Flutbrücken, während der Rest von 421,20 m auf den Hauptstrom entfällt. Die Überbrückung der 834 m weiten Flutöffnungen erfolgt durch 9 selbständige Parallelträger von je 91,50 m Spannweite. Der Hauptstrom wird dagegen durch ein großartiges zusammenhängendes Bauwerk überspannt. Die Hauptbrücke wird durch zwei nebeneinander im Abstand von 9,40 m liegende Fachwerkträger von 421 m Länge gebildet, eingeteilt in zwei Seitenöffnungen von je 128 m und eine Mittelöffnung von 164 m. Bei dem Bau der Brücke handelte es sich darum, diese zunächst eingleisig auszuführen, jedoch derart, daß sie jederzeit mit geringsten Kosten in eine zweigleisige umgebaut werden kann. Demnach ist der Abstand der Hauptträger von Haus aus für einen zweigleisigen Betrieb gewählt. Dagegen sind die Abmessungen der Hauptträger nur so gewählt, daß sie für einen eingleisigen Betrieb genügen; sie müssen also bei dem Übergange zu zweigleisigem Betrieb verstärkt werden. Dies soll in der Weise geschehen, daß neben jedem Hauptträger ein weiterer Hauptträger aufgestellt und an

jeder senkrechten Strebe mit dem bestehenden Hauptträger durch ein vom Ober- bis zum Untergurt durchlaufendes Blech verbunden wird. Diese Art der Verstärkung hat den Vorteil, daß in die zunächst ausgeführten Brückenteile kein überflüssiger Baustoff hineingebaut wird, und daß später lediglich eine Aufstellung der hinzukommenden Hauptträger, nicht aber eine Abänderung der vorhandenen Träger erforderlich ist. Die einzige zu erfüllende Aufgabe besteht darin, den neu hinzukommenden Hauptträger mit dem bereits vorhandenen Hauptträger zu einem einheitlichen Ganzen zu vereinigen. Erhebliche Schwierigkeiten boten die Fundierungsarbeiten, da der Untergrund selbst in 50 m Tiefe noch keinen tragfähigen Boden ergab. Infolgedessen mußte man sich dazu entschließen, Sinkkästen unter Luftdruck zu versenken und von diesen aus Rammpfähle zu schlagen. Jeder der Mittelstrompfeiler steht auf etwa 250 solcher Pfähle.

Die den Bau leitenden deutschen Ingenieure Borkowetz und Preis und der Bauchef der Eisenbahn, Baurat Dorpmüller, hatten nicht nur mit den Elementen, mit Hochwasser und Eis, sondern mit dem offenen und versteckten Widerstand der Chinesen zu kämpfen. – Das Eisengewicht der Strombrücke beträgt gegen 3700 t, das Gesamtgewicht des Überbaus 4100 t, jeder Strompfeiler hat eine Last von 1600 t zu tragen.

Der Bau der bei Quebec den Lorenzstrom überschreitenden Brücke wurde durch ein im Jahre 1887 erlassenes Gesetz genehmigt. Die Brücke sollte eine Mittelöffnung von rund 549 m Spannweite besitzen, die von je zwei 171,56 m

langen Konsolen und einem 205,88 m langen eingehängten Mittelträger überspannt wurde. Die Gesamtlänge der Brücke sollte 988,2 m betragen; außer zwei Vollspurgeisen und zwei Straßenbahngleisen waren zwei Fahrstraßen mit äußeren Fußwegen vorgesehen. Am 29. August 1907 brach die Brücke während des Baues zusammen. Der neue Entwurf setzte die Länge der Konsolen auf 176,9 m, die des eingehängten Mittelträgers auf 195,2 m fest, so daß die Mittelöffnung wieder die Spannweite von 549 m erhielt. Die Gesamtlänge der Brücke blieb unverändert. Am 11. September 1916 stürzte der Mittelträger, als er mittels hydraulischer Pressen und Schraubenwinden emporgewunden und mit den Konsolen verbunden werden sollte, in die Tiefe. Nun wurde ein neuer Mittelträger erbaut und am 24. September 1917 in die Brücke eingefügt. Die mit der St. Lawrence Bridge Company in Montreal getroffene Abmachung schloß mit dem Betrage von 1 750 000 Pfund Sterling ab.

Die großen Fortschritte, die sich in der Darstellung des Eisens vollzogen, und die durch die wissenschaftliche Vertiefung der Technik geschaffene Möglichkeit, die Beanspruchung der einzelnen Bauteile zu verfolgen, hatten alsbald zur Folge, daß sich das Eisen auch als Baustoff für Riesenhochbauten erfolgreich einführte. Die höchsten aus Stein aufgeführten Bauwerke, das Washington-Denkmal (172 m), die Türme des Kölner Doms (159 m) u. a. m. geben etwa die oberste Grenze an, bis zu welcher man sich der Gesteine als Baustoff bedienen darf.

Darüber hinaus werden die unteren Mauerschichten durch das Gewicht der höheren Schichten derart auf Druck beansprucht, daß sie zerbröckeln. Eine derartige Gefahr liegt bei dem Eisen in weiter Ferne. Handelt es sich um die Aufführung solcher Bauten, deren Wandungen nicht geschlossen zu sein brauchen, dann hat das leichte und zierliche Maschengefüge der Eisenbauten im Gegensatz zu den vollen Steinwänden noch den Vorzug, daß es dem Winde eine erheblich geringere Angriffsfläche darbietet.

Als erster in Eisen errichteter Riesenhochbau ist der 300 m hohe *Eiffelturm* zu nennen, der eins der hervorragendsten Schaustücke der Pariser Weltausstellung 1889 bildete und bis heute den Ruhm in Anspruch nehmen kann, das höchste Bauwerk der Erde zu sein. Ursprünglich lediglich dazu bestimmt, ein glänzendes Ausstellungsstück zu bilden, hat der Eiffelturm sich immer mehr und mehr in den Dienst der Wissenschaft und des Verkehrs gestellt, indem er ein Laboratorium zur Untersuchung des Luftwiderstandes, eine meteorologische Station und eine Großstation für drahtlose Telegraphie trägt, die während des Weltkrieges sich für unsere Feinde als überaus wertvoll erwiesen hat.

Der Eiffelturm wird durch die beiden 260 m hohen *Riesentürme* der *Telefunken-Groß-Station Nauen* an Höhe fast erreicht, an Kühnheit des Aufbaues aber bei weitem übertroffen. Erbauer ist der Oberingenieur *Bräckerbohm* der Hein, Lehmann & Co., A. – G. zu Berlin. Bereits im Jahre 1909 erhielt diese von der Gesellschaft für drahtlose Telegraphie (Telefunken)

den Auftrag zum Bau eines 100 m hohen als Antennenträger dienenden turmähnlichen, unten isolierten Mastes. Dieser erhielt einen dreieckigen Querschnitt und wurde gegen Umkippen durch Spannseile gesichert; die Aufstellung erforderte sechs Wochen. Im Jahre 1911 ergab sich die Notwendigkeit, diesen 100 m hohen Mast auf das Doppelte zu erhöhen, da ein Neubau aus verschiedenen Gründen unmöglich war. Gegen Weihnachten 1911 war die Erhöhung fast vollständig erfolgt, als die Arbeiten durch schwere Stürme überrascht wurden. Aus irgendwelchen Ursachen war in etwa 150 m die Erhöhung eingeknickt, und es erfolgte ein Zusammensturz des Turmes, glücklicherweise ohne Folgen für die Arbeiter und die benachbarten Gebäude. Als Notbehelf wurden auf Vorschlag der vorgenannten Firma zwei 120 m hohe Rohrmaste errichtet. Diese wurden auf der Erde liegend zusammengebaut und in *einem* Stück mit Hilfe eines 40 m hohen Hilfsmastes aufgerichtet. Wenige Wochen nach jenem Einsturz beschloß die Telefunken-Gesellschaft die Errichtung eines Turmes von 260 m Höhe, der in seinen Grundprinzipien mit dem eingestürzten Turme übereinstimmt, und dessen Verhältnisse zu dem Eiffelturm und zu dem Kölner Dom die zeigt. Bisher hatte die Isolation derartig schwerer Türme große Schwierigkeiten bereitet. Jetzt aber war es gelungen, die für die Isolation erforderlichen großen massiven Porzellankörper herzustellen. Die Aufstellung dieses Riesenturmes erforderte trotz der ungünstigen Jahreszeit (Wintermonate 1912/13) im ganzen nur 5 Monate. Die den

Turm sichernden Spannvorrichtungen wirken derart zuverlässig, daß selbst bei den stärksten Stürmen kaum eine Bewegung der Abspannseile bemerkbar ist. Diese Bewegung wäre auch durchaus unschädlich, da der Mast sowohl an der Erde wie in der Mitte mit einem Gelenk versehen ist, das etwaige Schwingungen ausgleicht. Das Bauwerk stellt das Beste dar, was an Ermöglichung des Ausbaus und an Standsicherheit zu erreichen ist. Dies tritt besonders hervor, wenn man sich die Belastung vergegenwärtigt, die dieser 260 m hohe Turm zu tragen hat. Auf diesem ruht ein Drahtseil, das ihn an der Spitze mit 30 000 kg senkrecht und mit 6000 kg wagerecht belastet, eine *Beanspruchung, welcher der Eiffelturm trotz der in ihn hineingebauten gewaltigen Eisenmassen nicht gewachsen wäre*. Das Gewicht des 260 m hohen Turmes beträgt 360 000 kg; der Druck auf das Fundament beläuft sich bei Stürmen auf etwa 800 000 kg. Dieser 260 m-Turm befindet sich in Nauen in zwei Ausführungen; außerdem sind dort noch vorhanden: 2 Maste von je 150 m und 4 Maste von je 120 m Höhe; ferner ein 134 m hoher Turm. Trotz des verblüffend leichten Aufbaus sind alle diese Türme durchaus standsicher.

Große Leistungen ermöglicht das Eisen insbesondere im Hochbau bei der Errichtung der »*Wolkenkratzer*« der amerikanischen Großstädte. Noch im Jahre 1880 begnügte man sich in den Vereinigten Staaten mit 5–6 Stockwerken, bis man durch das Steigen der Bodenpreise gezwungen wurde, »in den offenen Raum zu flüchten«.

In der baulichen Ausbildung der Wolkenkratzer sind zwei Zeitabschnitte zu unterscheiden, deren erster bis zum Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts, deren zweiter bis zur Gegenwart reicht. In dem ersten Zeitabschnitt übertrug man die für ein gewöhnliches Steingebäude üblichen Baugrundsätze auf Gebäude von doppelter und dreifacher Höhe. Hierbei war das Mauerwerk der hauptsächlich tragende Teil, während das Eisen nur zur gegenseitigen Versteifung der Wände, der Balkenlagen und des Daches benutzt wurde. Bald aber stellte sich heraus, daß diese Bauweise für die Errichtung höherer Gebäude nicht benutzbar war, weil in den unteren Geschossen die Mauerstärke ungebührlich vergrößert werden mußte, infolgedessen der verfügbare Bebauungsraum in unerwünschtem Maße beengt wurde. Die Eigenlast der Gebäude und damit deren Druck auf die Fundamente wurde ungemein groß. Hierdurch gelangte man auf eine andere Bauweise, die sog. »Skelett- und Furnierkonstruktion« (*skeleton and veneer construction*). Die bisher benutzten schweren Mauerwerksmassen sind hierbei durch aus Eisen hergestellte Gerippe ersetzt, die die sämtlichen Belastungen aufnehmen und auf das Fundament übertragen. Die Verteilung der inneren Räume läßt sich leicht in das Gerippe einbauen, während die feuerfesten Verkleidungen in Stein, Ziegel, Terrakotta u. dgl. gleichsam wie ein Furnier das ganze innere Eisengerippe umgeben. Diese Gerippebauart hat gegenüber der früheren Bauweise noch den großen Vorzug des raschen Aufbaus. Bauten, die früher ein Jahr und mehr

beanspruchten, werden jetzt in 5–6 Monaten errichtet. Die mit dieser Bauweise zu erreichende größte Gebäudehöhe schätzt man auf 600 m.

Der höchste Wolkenkratzer ist das in dargestellte *Woolworth-Gebäude* in New York, das mit einem Kostenaufwand von 80 Mill. Mk. errichtet wurde. Es liegt am Broadway mit einer Front von 47 m und auf dem Park Place und Barklay Street mit einer Fassadenlänge von je 60 m. Der Turm erhebt sich vom Broadway mit 55 Stockwerken und besitzt 26 m im Quadrat. Der übrige Teil des Gebäudes hat 29 Stockwerke. Die Höhe des Turms über dem Straßenpflaster beträgt 221 m. Da auch unter der Straße noch Geschosse von 37,50 m Tiefe liegen, so ergibt sich eine Gesamthöhe vom Fundament bis zur Spitze des Turms von 258,50 m. Wenn sämtliche Räume vermietet sind, faßt der Bau 10 000 Personen. Der ausführende Architekt Cass Gilbert hat es verstanden, durch Anwendung des gotischen Stils und durch eigenartige Farbenzusammenstellung des Mauerwerks einen durchaus künstlerisch und harmonisch wirkenden Eindruck zu erwecken. Die von der Otis-Gesellschaft gelieferten, den Innenverkehr vermittelnden gewaltigen 26 elektrischen Fahrstühle besitzen eine Geschwindigkeit von 3,5 m in der Sekunde.

Angesichts der Wohnungsnot ist man auch in Deutschland dem Bau von Wolkenkratzern nähergetreten, wegen der hohen Eisenpreise aber bisher ohne tatsächlichen Erfolg. Da ist von Interesse, daß der Bau von Häusern bis zu 22 Stockwerken

möglich ist ohne Anwendung von Eisen. Vorbedingung für derartige hohe Häuser ist, daß sie mit rundem oder elliptischem Grundriß aufgeführt werden und hierdurch befähigt sind, dem Winddruck besser zu widerstehen als Gebäude mit flachen Wänden und rechteckigem Grundriß.

In der neuesten Zeit nimmt der *Eisenbeton* in schnell steigendem Maße an Bedeutung als Baustoff zu. Derselbe besteht aus einer innigen Vereinigung von Eisen und Beton und verdankt seine hohe Festigkeit dem Umstande, daß jeder der beiden Baustoffe, aus denen er zusammengesetzt ist, diejenige Beanspruchung aufnimmt, wofür er besonders geeignet ist. *Das Eisen nimmt die Zugspannungen, der Beton nimmt die Druckbeanspruchungen auf.* Der Eisenbeton, der sich durch unbedingte Feuersicherheit, schnelle und billige Ausführbarkeit, Dauerhaftigkeit und leichtes Anpassungsvermögen auszeichnet, wird in der Weise hergestellt, daß ein Netzwerk von Eisenstäben, das in seiner Gestalt dem zu schaffenden Bauwerk entspricht, von einer Schalung umgeben wird und in dieser Schalung mit flüssigem Beton umgossen wird, der bei seiner Erstarrung eine unlösbare Verbindung mit dem eisernen Netzwerk eingeht. Die weitestgehende Verwendung findet der Eisenbeton zunächst im Hoch- und Brückenbau, sodann im Tiefbau und im Wasserbau. Die weitest gespannte Eisenbetonbrücke überschreitet den Mississippi bei Minneapolis mit einem Bogen von 121,92 m Weite und 26,82 m Pfeilhöhe. Jenseits des Ozeans verwendet man den Eisenbeton auch als Baustoff für Wolkenkratzer.

Neuerdings hat der Eisenbeton eine zunehmende Bedeutung als Schiffbaustoff gewonnen, und zwar sowohl für Binnen-, wie für Seeschiffe. Als Vorzüge des Eisenbetonschiffbaus sind außer den bereits genannten zu nennen: Wasserdichtheit, elastisches Verhalten gegen Stoß, kurze Bauzeit, Möglichkeit der Reihenherstellung von Schiffen gleicher Bauart, geringe Reibung im Wasser, hohe Widerstandskraft gegen Seewasser, geringer Ansatz von Pflanzen und Muscheln am Schiffskörper. Anfangs wurde die Einführung des Eisenbetons in den Schiffbau durch den Umstand stark erschwert, daß sich das Eigengewicht der Schiffe im Verhältnis zu deren Ladefähigkeit sehr ungünstig gestaltete. Dieses Mißverhältnis scheint aber durch Schaffung eines sehr leichten Betons beseitigt zu sein. Schließlich werden jetzt auch *Eisenbahnwagen* in steigendem Maße aus Eisenbeton hergestellt. Der aus Eisenbeton hergestellte Wagen hat gegenüber dem eisernen Wagen den großen, bei den jetzigen hohen Eisenpreisen besonders wichtigen Vorzug, daß er erheblich weniger Eisen in Anspruch nimmt; so stehen beispielsweise den 2200 kg Profileisen des eisernen offenen 20 t-Güterwagens nur 700 kg Bandeisen und 200 kg Flach- und Quadrateisen des Eisenbetonwagens gegenüber.

## II. Tunnelbauten

Von jeher hat der Riesenwall der Alpen den Wagemut der durch ihn voneinander getrennten Völkerschaften erregt.

Die ersten großen über die Alpen führenden Verkehrsstraßen stammen aus dem 18. Jahrhundert: Kaiserin Maria Theresia erbaute 1772 die über den Brenner führende »Kaiserstraße«; Napoleon I. schuf die Heerstraßen über den Mont Cenis und über den Simplon. Noch andre die Alpen überschreitende Straßen folgten, und als die Eisenbahnen in die Erscheinung traten, da gesellten sich zu diesen die das Gebirgsmassiv durchbohrenden Tunnel, die höchsten Glanzleistungen neuzeitlicher Ingenieurtechnik darstellend. Der erste größere Tunnelbau war der 2½ km lange Hauensteintunnel bei Olten in der Schweiz. Derselbe hat nebenbei eine traurige Berühmtheit dadurch erlangt, daß während seines Baues am 28. Mai 1857 70 Arbeiter durch den Einsturz eines Schachtes den Tod fanden. Die hier gesammelten Erfahrungen ermutigten im Jahre 1859 zum Bau des 12 km langen Mont Cenis-Tunnels, der nach 11-jähriger Bauzeit zum Durchschlag und im 12. Jahre zur Vollendung gebracht wurde. Der tägliche Vortrieb betrug, da man allein über Handbohrung verfügte, auf jeder Seite nur 1,5 m täglich. Der im Jahre 1872 begonnene, am 29. Februar 1880 zum Durchschlag gebrachte Gotthardtunnel hat eine Länge von 14,984 km; hier erzielte man, da inzwischen

die Tunnelbohrmaschine ins Leben gerufen war, einen täglichen Fortschritt von 2,11 m auf jeder Seite.

Der nächste in Angriff genommene große Alpentunnel war der den *Simplon* durchschneidende. Er ist ein unmittelbarer und scharfer Nebenbuhler seiner beiden Vorgänger, denn ihm liegt, gleich jenen, dieselbe große Aufgabe innerhalb des internationalen Verkehrs zwischen dem Norden und Süden Europas ob. Diese Aufgabe zwang schon bei der Festlegung der beiden Tunnelmündungen zu wichtigen Erwägungen. Ein Tunnel ist um so billiger und schneller herzustellen, je kürzer er ist, oder, mit anderen Worten, in je größerer Höhe er das Gebirge durchbohrt. Hiermit wachsen aber die Schwierigkeiten, die sich der Beförderung der Züge entgegenstellen. Diese müssen größere und länger ausgedehnte Steigungen hinaufbefördert werden, und die im Freien liegenden Eisenbahnstrecken können gegen Schneeverwehungen und sonstige Naturereignisse nur unter erheblichem Aufwand von Personal- und Unterhaltungskosten geschützt werden. Demnach hat man dem Simplontunnel, um ihn zu einem stets betriebsbereiten Mittel des internationalen Verkehrs zu machen, eine möglichst tiefe Lage gegeben und ihn als einen sog. Basistunnel, der den Gebirgsstock an seiner Wurzel durchfährt, ausgeführt. Der Simplontunnel liegt 450 m tiefer als der Gotthardtunnel. Trotzdem aber konnte man ihn derart in das Gelände einfügen, daß er nur 5 km länger ist als der Gotthardtunnel, nämlich 19,803 km. Die nördlich bei Brig gelegene Tunnelmündung liegt 686 m, die südliche, bei Iselle

liegt 634 m über dem Meere.

Wie bei allen großen Gebirgstunneln stellte die trigonometrische Festlegung der Tunnelachse die höchsten Anforderungen an deren Leiter, Professor Rosenmund-Zürich, wie an dessen Gehilfen und an die zur Anwendung gelangenden Meßgeräte. Die neuzeitlichen Tunnel werden von beiden Seiten her gleichzeitig in das Gebirge vorgetrieben, und es muß daher Vorsorge getroffen werden, daß die einander entgegenstrebenden Arbeiterscharen sich im Innern des Berges treffen und nicht aneinander vorbeigehen. Zu diesem Zwecke wird der betreffende Gebirgsabschnitt mit einem sog. Triangulationsnetz überzogen. Die Ecken der dieses Triangulationsnetz bildenden Dreiecke liegen auf Bergspitzen, und es werden nun diejenigen Winkel, unter denen diese mit sichtbaren Signalen ausgestatteten Bergspitzen zueinander stehen, gemessen und festgestellt. Hat man den Gebirgsstock auf diese Weise gleichsam in ein Netz von Dreiecken eingesponnen, so ist nur noch erforderlich, die Winkel zwischen den Tunnelmundlöchern und den von diesen aus sichtbaren Bergspitzen zu messen. Nunmehr kann die Mittelachse des Tunnels über das Gebirge hinweg durch Signalstangen festgelegt werden. Um sicher zu sein, daß sich die Arbeiten im Innern des Berges genau unterhalb dieser über das Gebirge hin festgelegten Linie bewegen, wird letztere über beide Tunnelmündungen hinaus verlängert, und in dieser Verlängerung der Tunnelachse werden Beobachtungsposten aufgestellt, von denen aus man mittels scharfer Fernrohre die im

Berge fortschreitende Tunnelöffnung und die über das Gebirge festgelegte Tunnelachse beobachten und gegenseitig verfolgen kann. Um dies zu ermöglichen, werden in der Mittellinie des fortschreitenden Tunnels scharf leuchtende Lichter angebracht. Stellt man ein Fernrohr auf die über das Gebirge gelegte Achse ein und dreht man dasselbe alsdann in senkrechter Richtung so tief abwärts, daß man in das Innere des Tunnels hineinblickt, so müssen die hier angebrachten Lichter in derselben senkrechten Ebene liegend erscheinen wie jene Achse. Ist dies nicht der Fall, so muß der Vortrieb des Tunnels entsprechend geändert werden. Die Arbeiten des Professor Rosenmund wurden stark durch Luftspiegelungen gestört, die von Temperaturunterschieden der Tunnelluft herrührten. Sie gelangten aber zu einer so genauen Durchführung, daß die beiden Tunnelachsen, als sie am 25. Februar 1905 sich begegneten, nur um 20,2 cm in der Wagerechten und um 8,7 cm in der Senkrechten voneinander abwichen.

Bei dem Gotthardtunnel hatte man sich mit derjenigen Lüftung begnügt, die durch die aus den Gesteinsbohrmaschinen austretende Abluft bewirkt wurde. Diese genügte jedoch bei weitem nicht, und die vor Ort herrschende, durch die Sprengstoffe, die Lampen und die menschlichen Ausdünstungen hervorgerufene Luftverschlechterung hatte zahlreiche Krankheits- und Todesfälle unter der Tunnelmannschaft zur Folge. Man mußte bei dem Simplontunnel nach dieser Richtung um so vorsichtiger

verfahren, weil man auf außergewöhnliche Temperaturen im Innern des Gebirges gefaßt sein mußte, und weil der Tunnel der längste bisher in Angriff genommene war. Man nahm die für 500 Arbeiter erforderliche Luftmenge zu 1500 cbm in der Minute an und gelangte zu einem überaus eigenartigen und wirksamen Hilfsmittel, um diese große Menge tatsächlich an Ort und Stelle zu schaffen. Dieses Hilfsmittel bestand in einem Parallelstollen, den man in gleicher Höhenlage neben dem eigentlichen Tunnel vortrieb und den man als Luftzuführungsrohr benutzte. Diese beiden Stollen wurden in Abständen von je 100 m durch Querschläge miteinander verbunden. Von diesen Querschlägen wurde jeweilig nur der am nächsten vor Ort liegende, also der letzte, offen gehalten, während alle übrigen Querschläge geschlossen wurden. Mittels gewaltiger Fliehkraftgebläse wurde in den einen Stollen Luft eingetrieben; diese trat durch den vordersten Querschlag in den anderen Stollen über, um dann durch diesen und dessen Mundloch wieder ins Freie zu treten. Unsere läßt die Mundlöcher der beiden Stollen deutlich erkennen. Auf diese Weise strich also durch den Tunnel andauernd ein für die erforderliche Lüfterneuerung und Luftkühlung hinreichender Luftstrom hindurch. Diejenige kurze Strecke, welche zwischen dem letzten Querschlag und der vordersten Arbeitsstelle lag, wurde durch besondere Leitungen mit Frischluft versorgt. Der Abstand der beiden Tunnelachsen beträgt 17 m. Einer dieser Tunnel wurde sofort auf den erforderlichen Querschnitt ausgearbeitet. Der zweite Tunnel

wird erst jetzt zu einem Volltunnel erweitert.

Entsprechend den großen im Innern des Berges auszuführenden Arbeiten waren die vor dem Tunnel zu errichtenden Werk- und Kraftanlagen bemessen. Die hierauf verwandten Kosten belaufen sich auf 4 Mill. Fr. auf jeder Tunnelseite. Auf der Nordseite konnte man der Rhone eine dem Kraftbedarf von 2000 P.S. genügende Wassermenge entnehmen; auf der Südseite stellte die Diveria die gleiche Menge nebst Gefälle zur Verfügung. Bevor die Wasserkraftanlagen in Benutzung genommen werden konnten, behalf man sich mit Halblokomoiblen. Die im Innern des Tunnels verkehrenden Lokomotiven wurden mit Preßluft von 80 Atm. betrieben. Elektrische Beleuchtung kam nur außerhalb des Tunnels zur Anwendung. Die Werkstätten hatten einen derartigen Umfang und waren außerdem mit den verschiedenartigsten Einrichtungen in einer Weise ausgestattet, daß weitestgehende Ausbesserungsarbeiten und Neuherstellungen in ihnen ausgeführt werden konnten. Besonders hervorzuheben sind die großen auf das vorzüglichste eingerichteten Bade- und Waschwäuser für die Arbeiter und Ingenieure, die Krankenhäuser und die Arbeiterwohnungen. Der Gesamtverbrauch an Sprengstoffen belief sich auf 2000 t oder 200 Eisenbahnwagenladungen.

Während des Baues stellten sich unvorhergesehene, nur mit äußerstem Aufwande besonderer neuer Maßnahmen zu überwindende Schwierigkeiten ein. Man hatte dieselben um

so weniger erwartet, als die geologischen Verhältnisse sich im Laufe des Vortriebs des Tunnels nicht im Einklang mit den Gutachten der Sachverständigen ergaben, die eine überaus günstige Gesteinslagerung als wahrscheinlich vorhanden angegeben hatten. Unsre gibt in ihrem oberen Teile das geologische Profil wieder, wie man es erwartet hatte, und in ihrem unteren Teile, wie es auf Grund der gemachten Erfahrungen sich ergab. Die auftretenden Schwierigkeiten waren mehrfacher Art. In der mittleren 7 km langen Strecke hatte man trockenen, steil aufgerichteten Gneis erwartet. Statt dessen traf man auf wasserführende, flach und selbst wagerecht verlaufende Schichten, wodurch die Bohrarbeit und die Ausmauerung des Tunnels auf das äußerste erschwert wurden. Auf der nördlichen Seite, wo man auf eine Gesteinswärme von höchstens 42 °C gerechnet hatte, stieg diese auf die gewaltige Höhe von 56 °C. Auf der Südseite schlug man kalte Quellen an, die unter hohem Druck bis zu 1200 l Wasser in der Sekunde in den Stollen ergossen. Um die Schwierigkeiten zum Übermaß zu steigern, schloß sich an diese wasserführende Strecke eine Druckstelle an mit derartig brüchigem Gestein, daß dessen Druck selbst die stärksten Holzrüstungen nicht zu widerstehen vermochten. Hier mußte ein besonderer 42 m langer Eisenbetonstollen geschaffen werden, dessen Vortrieb, Ausweitung und Ausmauerung allein etwa 1½ Jahre in Anspruch nahm, mit einem Kostenaufwand von rund 20 000 Mk. für das laufende Meter. Schließlich traten, als die Vortriebsarbeiten sich von Norden und Süden her bis

auf etwa 2 km genähert hatten, heiße Quellen von 45 °C, ja bis zu 50 °C auf, die an die Arbeiter die übermenschlichsten Anforderungen stellten. Am 25. Februar 1905 erfolgte der Durchschlag. Hierbei wichen, wie bereits erwähnt wurde, die Tunnelachsen nur 202 mm in der Wagerechten und 87 mm in der Höhe ab, gewiß ein glänzender Beweis für die Sorgfalt, mit der die Vorarbeiten ausgeführt waren. Die Zahl der Todesopfer, die der Bau gefordert hatte, betrug auf der Nordseite 22, auf der Südseite 20. Am 25. Januar 1906 durchfuhr der erste Zug den Tunnel; am 1. Juni 1906 wurde dieser dem Verkehr übergeben. Die Kosten beliefen sich einschließlich der Herstellung und teilweisen Ausmauerung des Parallelstollens sowie Beschotterung und Gleisverlegung im Haupttunnel auf 58,2 Mill. Fr.; hiervon entfielen 8,4 Mill. auf die Werkstattsanlagen vor den Tunnelmündungen in Brig und Iselle.

Der auf der Simplonbahn sich vollziehende Verkehr hat eine große Förderung durch den Bau der *Lötschbergbahn* erfahren, die am 1. Juli 1913 dem Betrieb übergeben wurde. Diese Bahn hat insgesamt nur eine Länge von 74 km. Auf dieser kurzen Strecke aber häuften sich die zu überwindenden Schwierigkeiten in ganz außergewöhnlichem Maße. Unter den zahlreichen Bauten dieser Bahn steht an erster Stelle der *Lötschbergtunnel* mit einer Länge von 14,536 km. Derselbe verläuft nicht nach einer geraden Linie, sondern weist beiderseits erhebliche Kurven auf. Während des Baues sah man sich sogar genötigt, die Achse des Tunnels zu verlegen. Es war dies eine Folge des

Umstandes, daß am 24. Juli 1908 man unerwarteterweise das Gasteinertal anbohrte, was das Hereinbrechen großer Schlamm- und Schuttmassen zur Folge hatte, in denen 25 Arbeiter den Tod fanden. Die nunmehr dem Tunnel gegebene neue Richtung umgeht das Gasteinertal, hat aber eine Verlängerung des Tunnels um nicht weniger als 800 m zur Folge. Der erzielte tägliche Vortrieb betrug auf der Nordseite gegen 9, auf der Südseite etwa 5 m.

Dem Tunnelbau werden in nächster Zeit voraussichtlich eine Anzahl besonders schwieriger Aufgaben gestellt werden. Zwar wird der in Kellermanns Roman »Der Tunnel« anschaulich geschilderte Bau des Tunnels Europa–Amerika noch lange auf sich warten lassen, aber die Untertunnelung des *Ärmelkanals*, der *Straße von Gibraltar*, der *Beringstraße*

# Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.