

# Der Strassentunnel unter dem Nord-Ostsee-Kanal bei Rendsburg

Autor(en): **Schnitter, Erwin**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79 (1961)**

Heft 39

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-65603>

## **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.

Zürich, 25. Mai 1961. Das Preisgericht:  
 Stadtpräsident Dr. E. Landolt, Vorsitzender  
 Stadtrat Dr. S. Widmer, Vorstand des Bauamtes II  
 Stadtrat A. Maurer, Vorstand des Finanzamtes  
 Prof. Rud. Hartmann, Staatsintendant, Bayrische Staatsoper, München  
 Stadtbaumeister A. Wasserfallen, Zürich  
 Prof. Ir. J. H. Van den Broek, Architekt, Rotterdam  
 Karl Egender, Architekt, Zürich  
 Prof. Dr. h. c. Werner M. Moser, Architekt, Zürich  
 W. Stücheli, Architekt, Zürich

Ersatzleute:  
 Dr. Martin Hürlimann, Präsident der Theater AG., Zollikon  
 A. Camenzind, Architekt, Lugano

Mit beratender Stimme wurden zugezogen:  
 Prof. Dr. W. Hardmeier, Präsident der Tonhalle-Gesellschaft, Zürich  
 Dr. Herbert Graf, Direktor des Stadttheaters Zürich  
 Dr. Oskar Wälterlin, Direktor des Schauspielhauses Zürich (gestorben am 5. April 1961)  
 Dr. phil. H. Curjel, Zollikon  
 Prof. Theo Otto, Bühnenbildner, Zürich

Sekretär:  
 Dr. J. Schlöpfer, Abteilungssekretär des Finanzamtes und Delegierter der Theater AG. *Fortsetzung folgt*

## Der Strassentunnel unter dem Nord-Ostsee-Kanal bei Rendsburg

DK 625.712.35

Bei einer Wassertiefe des Nord-Ostsee-Kanals von 11,3 m wurde als Konstruktionsoberkante der Tunneldecke — 14,3 angenommen. Damit kommt der tiefste Punkt der Fahrbahn auf —20,15 zu liegen. Für die Rampen wurde ein Gefälle von 4% gewählt; dies ist ein mittlerer Wert unter den bisher ausgeführten Unterwasser-Tunneln (Bild 1). Bei einem Ausrundungsradius der Wanne von 2250 m und Ausrundung der Kuppen mit 11 000 m ergab sich eine Bauwerkslänge von 1279 m bis zu den Strassen-Anschlüssen auf +2. Hievon sind 640 m als geschlossener Tunnel ausgeführt. Diese Strecke ist so kurz wie möglich gehalten, um die Betriebskosten für Belüftung und Beleuchtung klein zu halten. Eine einfache Längsbelüftung wurde so noch als tunlich erachtet. An die geschlossenen Rampenstrecken schliessen je 80 m lange Adaptionstrecken mit Rasterüberbau aus Spannbetonfertigteilen, die der fortschreitenden Dämpfung des Tageslichtes und zudem der Aussteifung der bis 12 m hohen Rampenwände dienen. Durch Dehnungsfugen mit Fugenband in je 20 m Abstand ist das gesamte Tunnelbauwerk in 65 Blöcke unterteilt; dadurch sollen Zusatzspannungen aus ungleichmässigen Baugrundsensungen und Schwinden vermieden werden. Beim Mittelstück wurden die Raumbfugen verdübelt, zur Erzielung ausreichender Steifigkeit beim Einschwimmen und Absetzen.

	1:30	1:28,6	1:26,3	1:25	1:23,8	1:21,8	1:20	1:16,7					
	3,3 %	3,5 %	3,8 %	4,0 %	4,2 %	4,6 %	5,0 %	6,0 %					
Mersey Tunnel	Velsen T.	Maas T.	Schelde T.	Hudson T.	Lincoln T.	Holland T. (USA)	Rendsburg Tunnel	Boston Tunnel	Posey Tunnel	Detroit T.	Norfolk T.	Almond T.	Pasadena Bayton T.

Bild 1. Zusammenstellung der Rampenneigungen von ausgeführten Unterwassertunneln

Der Querschnitt von 4,5 m freier Durchfahrthöhe zeigt für jede Richtung einen Tunnel mit zwei Fahrspuren mit 6,80 m Breite; dazu treten Schrammbordbreiten von 50 cm an den Aussenwänden, 80 cm an den Innenwänden. In der Mittelwand ist der 1,2 m breite Bedienungsgang eingebaut mit Zugangstüren alle 40 m, darüberliegendem Kabelkanal und darunterliegenden Wasserversorgungsleitungen und Entwässerungsrinne. Das 140 m lange eingeschwommene Mittelstück zeigt bei äusserer Breite von 20,2 m und Höhe von 7,28 m im Querschnitt horizontale Sohle und Decke. Die Aussenwände sind nach aussen um 30 cm ausgeknickt. Das Lichtraumprofil zeigt sorgfältige Uebergänge. Im Längsschnitt ist das Mittelstück gekrümmt, eine langgezogene Wanne bildend. Sein Konstruktionsgewicht betrug 20 140 t. Die endgültige Fahrbahn wird durch den Ballastbeton geformt. Beidseitig schliessen geschlossene Rampenstrecken an, die mit gewölbter Decke mit 6,55 m lichter Höhe über der Fahrbahn eine äussere Breite von 20,29 m eine gesamte Konstruktionshöhe von 9,23 m erreichen. Für die offenen Rampenstrecken wurde ein besonders wirtschaftlicher Trogquerschnitt entwickelt mit gewölbter Sohle und auskragenden Spornen von 27,5 m Breite, bei dem der Restauftrieb durch den Sandballast über der Sohle und den Boden über den Spornen aufgenommen wird.

Der Abdichtung des gesamten Tunnels in bewährter Weise wurde besondere Sorgfalt gewidmet. Da das Mittelstück beim Absenken mechanischer Beanspruchung unterworfen wird, erhielt es eine besonders widerstandsfähige Abdichtung aus 6 mm Stahlblech St 37.12 in SM-Güte mit Dehnschlaufen an den Fugen. Durchlaufende Bewehrungsseisen ergaben eine ausreichende Biegesteifigkeit für die Beanspruchung beim Aufschwimmen und Absenken. Die Stahlblechtafeln der Decke wurden auf einbetonierte Trägerroste nachträglich aufgeschweisst und der Raum zwischen Beton und Blechhaut verpresst. Alle anderen Bauwerksteile wurden mit einer bituminösen Klebeabdichtung versehen. Die Wände und Ecken erhielten zusätzlich eine Lage von 0,2 mm dickem Aluminium-Riffelblech. Alle Blockfugen wurden mit drei Lagen Kupferriffelblech 0,2 mm verstärkt. Nach der Tiefe, mit zu-

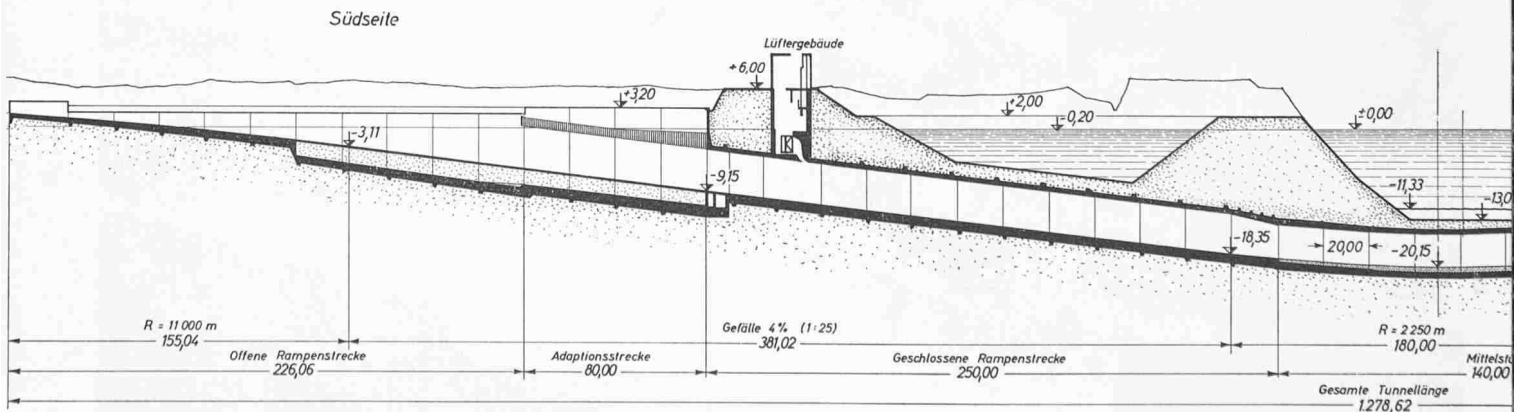


Bild 2a. Strassentunnel unter dem Nord-Ostsee-Kanal, Längsschnitt, Längen 1:3300, Höhen 1:1100

nehmendem Wasserdruck, waren bis zu fünf Lagen Wollfilz-pappe 500 g/m<sup>2</sup> notwendig. Die Abdichtung wurde durch Schutzbeton bzw. Schutzmauerwerk gesichert. Die bituminöse Weichabdichtung wurde an die Stahlblechhaut des Mittelstückes mit Flanschkonstruktionen angeschlossen.

Zur Aufnahme des Tagwassers sind in der Sohle des ersten Blockes unterhalb des Tunnelmundes Pumpensümpfe von 250 m<sup>3</sup> angeordnet.

Für die Belüftung des Tunnels sind 40 m hinter den Tunnelleingängen Ringdüsen angeordnet, durch welche in Fahrtrichtung Frischluft eingeblasen wird. Jede Fahrbahn-röhre erhält solche Einblasdüsen für beide Richtungen. Die durch Ventilatoren von je 30 kW angesaugte Luft gelangt über günstig geformte Kanäle in die Ringdüsen, deren Öff-nungsweite durch Bleche verstellbar werden kann.

Der Baugrund besteht im Bereiche des Tunnelbauwerkes aus gut tragfähigen Schmelzwassersanden, die in einer Mäch-tigkeit von 22 bis 26 m den festen Geschiebemergel über-lagern. Oberhalb des Mergels folgt zunächst eine Schicht groben Kieses, die in Grob- und Mittelsand und ab -8,0 m in schluffigen Feinsand übergeht.

Für die Wahl des Bauvorganges gab die Rücksicht auf den kürzest möglichen Unterbruch der intensiven Schifffahrt im Kanal die Richtlinie. Durch die Wahl eines Schwimm-stückes, das den gesamten Kanalquerschnitt erfasste, hat es sich als möglich erwiesen, diesen Unterbruch auf 70 Stunden zu beschränken.

Zur Herstellung dieses 140 m langen, im Längsschnitt gekrümmten, einzuschwimmenden Tunnelkörpers wurde die Südrampe zunächst auf -10,0 ausgehoben, womit sie ge-nügend Tiefgang ergab, um als Trockendock zu dienen. Hier wurde das Tunnelstück erstellt und mit wasserdichten Ab-schlüssen an beiden Enden versehen, während an den Ram-pen gearbeitet wurde und im Kanal die Absenkrinne mit Eimerkettenbagger auf -22,0 gegraben wurde. Nach Be-reitstellung des Schwimmstückes und Prüfung mittels Va-kuumprobe auf Dichtigkeit wurde die südliche Rampen-baugrube geflutet, der kanalseitig verbliebene Damm weg-gebaggert und das Stück eingeschwommen und in die Kanal-sohle abgesetzt. Hierauf wurde quer über das Südende des Stückes ein 18 m breiter Spundwandkasten-Fangedamm von 15,6 m Höhe mit drei Anker-Lagen  $\varnothing$  2-3" und Entwässerung durch Brunnen aufgebaut, dessen Bohlen auf der Tunnel-decke in eine mit Bitumen ausgegossene U-Eisen-Nut ge-stellt wurden, während der Anschluss an die seitlichen Fange-dämme über an die Seitenwände angeschweisste Stahlbleh-führungen und Passbohlen gebildet wurde.

Unter dem Tunnelstück durch war jede Spundwand durch eine Unter-Wasser-Spundwandschürze weiter geführt. Zur Verbindung derselben mit der Sohle des Tunnelstückes wurden in das Kiesbett Harfen aus Injektionsrohren 1 1/2" verlegt, durch die nach dem Absetzen des Tunnelstückes und Verfüllen des Fangedammes der Kies mit Zement verpresst wurde. Nach Erstellung dieses Baugrubenabschlusses für einen Wasserüberdruck von 21 m wurde die Rampenbau-grube wieder leergepumpt und auf volle Tiefe zwischen Spundwänden ausgehoben, zur Erstellung der anschliessen-

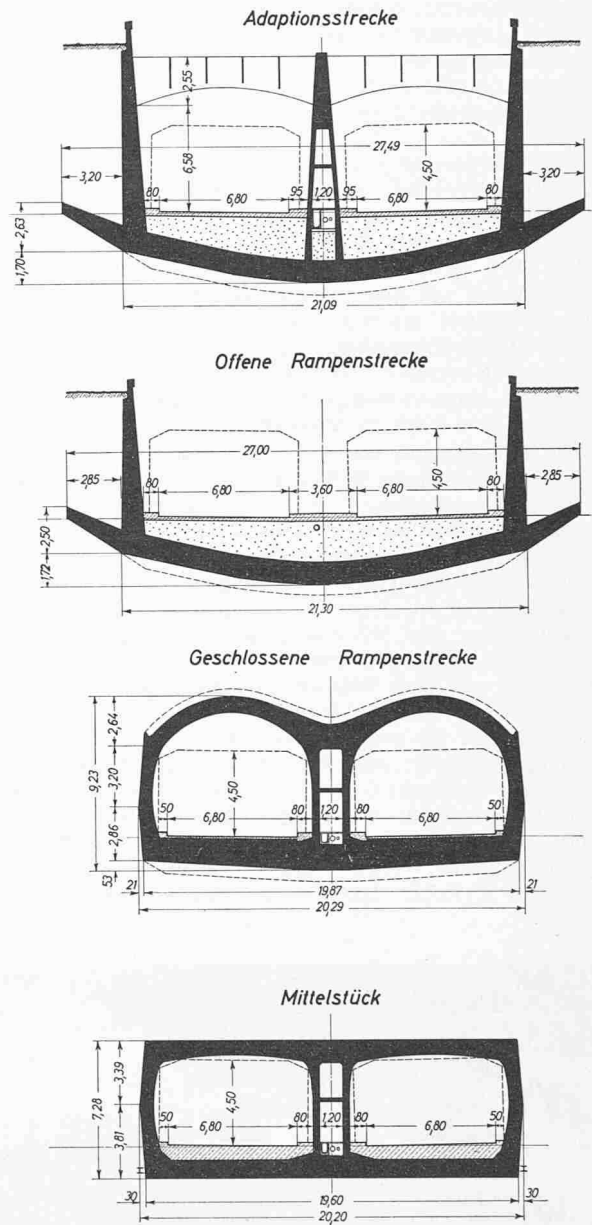


Bild 3. Querschnitte 1:400 durch Tunnel mit Rampen

den geschlossenen Rampenstrecke, die unter Grundwasser-absenkung von 14 m mit zusätzlicher offener Wasserhaltung erfolgte. Hierzu wurden je Seite etwa 30 Brunnen  $\varnothing$  1,15 m gebohrt; auf der Südseite wurden bis 3300 m<sup>3</sup>/h gefördert, Notaggregate von 480 kVA standen bereit. Nach teilweiser Auffüllung über diese Strecke wurde der das Schwimmstück

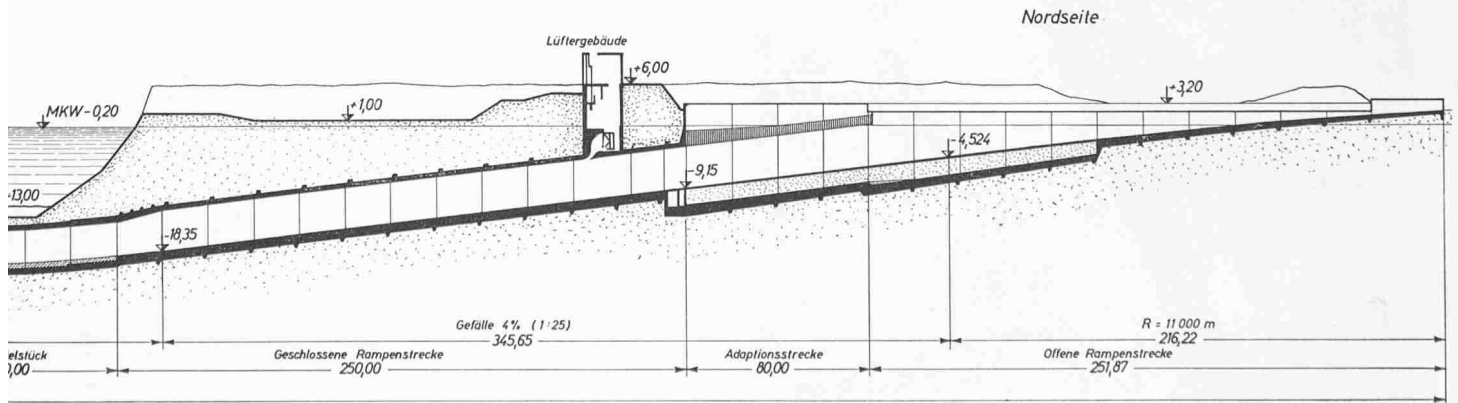


Bild 2b. Fortsetzung zu Bild 2a

Alle Bildunterlagen verdanken wir der Firma Philipp Holzmann AG.

querende Reiterfangedamm gezogen und auf dem Nordende desselben aufgebaut, so dass in der Nordrampe in gleicher Weise vorangegangen werden konnte. In dieser Weise war es möglich, sämtliche Blockfugen im Trockenem zu schliessen; die Anschlussfugen an das Mittelstück reichten dabei auf —21 m.

Von den hierbei erforderlichen Bauleistungen seien genannt: Zu baggerter Boden 1 100 000 m<sup>3</sup>, davon 600 000 m<sup>3</sup> nach teilweiser Zwischenlagerung wieder eingefüllt; 65 000 m<sup>3</sup> Stahlbeton, Betongüte B 300; 4000 t Bewehrungsseisen, Torstahl St III 6, 54 000 m<sup>2</sup> bituminöser Abdichtung und 6 mm Stahlblechhaut mit 450 t Konstruktionsgewicht; 10 500 m<sup>2</sup> Stahlpundwände wurden für die tiefen Baugruben und 9500 m<sup>2</sup> für die Fangedämme gerammt. Die Bauarbeiten begannen im November 1957; am 17. März 1959 wurde das Mittelstück eingeschwommen und am 25. Juli 1961 wurde der Tunnel dem Verkehr übergeben.

Die Arbeitsweise für das Einschwimmen und Absetzen des 20 140 t schweren Mittelstückes zeigt folgende bemerkenswerte Einzelheiten: Das Stück lag im gefluteten und geöffneten Baudock an 20 schweren Stahltrossen von 28 mm Ø vertäut, wobei 60 mm dicke Perlonrecker für eine ausreichende Dehnfähigkeit der Seile sorgten; hiemit wurde dem Schwall und Sog aus dem Schiffsfahrtskanal begegnet. Infolge der Krümmung des Mittelstückes entsprechend der Gradienten ragten im Schwimmzustand nur die Tunnelenden 50 cm hoch aus dem Wasser. Das Einschwimmen erfolgte mittels Winden, bis das Tunnelstück zwischen den beiden Absenkbrücken lag und an den vier Lochstangen der Absenkanlage befestigt war, zur Absenkung mittels sorgfältig bemessener Wasserballastierung. Vorher war der Kies für die Auflagerung auf der Baggersohle verklappt und grob verteilt worden. Für seine genaue, profilgemässe Einplanierung im Zuge des Absenkvorganges war ein neuartiger, besonders entwickelter Unterwasser-Planierpflug unter dem

Tunnelstück an seitlichen Führungsschienen verfahrbar aufgehängt. Jede Lochstange wurde durch zwei hydraulische Pressen von je 75 t mit 1,2 m Senkung zwischen den Absteckbolzen abgelassen; über ein Kardangelenk war sie mittels einem Bolzen mit der Aufhängeöse des Tunnelkörpers verbunden. Wenn die Absenkung soweit fortgeschritten war, dass der Planierpflug den Kies berührte, wurde derselbe durch zwei an beiden Ufern stationierte Winden vor- und zurückbewegt. Nach 28 Planierfahrten mit Spandicken von 5 bis 1 cm war das Kiesbett in der vorgeschriebenen Höhe abgezogen. Zum Ausbau des Pfluges wurde der Tunnelkörper noch einmal um 3 m angehoben. Hierauf wurde er auf das planierte Kiesbett abgesetzt und alle Ballastkammern wurden geflutet. In diese Ballastkammern auf der Tunnelsohle waren 400 t Wasserballast zur Erzielung der richtigen Schwimmelage eingebracht worden; mit 500 t wurde abgesenkt und nach der Auflagerung mit 3000 t festgelegt. Alle diese Operationen konnten von dem auf dem südlichen Absenkgerüst eingerichteten Leitstand gelenkt und überprüft werden, indem hier das Steuerpult für die Absenkpressen mit der Kontrolle für die Lastverteilung, die Ballastierungstafel mit den Wasserzählern, Telefon, Lautsprecheranlage und Sprechfunk konzentriert waren. Hier mündete auch der Einstiegschacht in den Tunnel, der gegen die südliche Abschlusswand angebaut war. Die Arbeiten für das Einschwimmen, Absenken, Planieren und Absetzen erforderten in zweischichtigem, ununterbrochenem Einsatz 67 Stunden, wobei 27 Ingenieure, 73 Facharbeiter und Poliere, 5 Taucher, 66 Monteure und Meister sowie 50 Bauhelfer und Vorarbeiter mitwirkten.

Die Ausführung dieses hervorragenden Werkes moderner Ingenieurkunst lag in den Händen der «Arbeitsgemeinschaft Tunnelbau Rendsburg» Philipp Holzmann AG., Dyckerhoff & Widmann K.G., Grün & Bilfinger AG., Hochtief AG., Siemens-Bauunion GmbH., Wayss & Freytag K.G.; dem reich illustrierten, hochinteressanten Heft vom Juli 1961 der «Technischen Berichte» der erstgenannten, federführenden Firma sind obige Angaben entnommen. Weitere Literaturangaben finden sich in «Die Bautechnik», Juli 1961; Gerd Vogel und Martin Hager, Konstruktive Entwicklung der Rampenstrecke des Rendsburger Strassentunnels.

Adresse des Verfassers: Erwin Schnitter, dipl. Ing., Am Itschnacherstich 1, Küsnacht ZH.

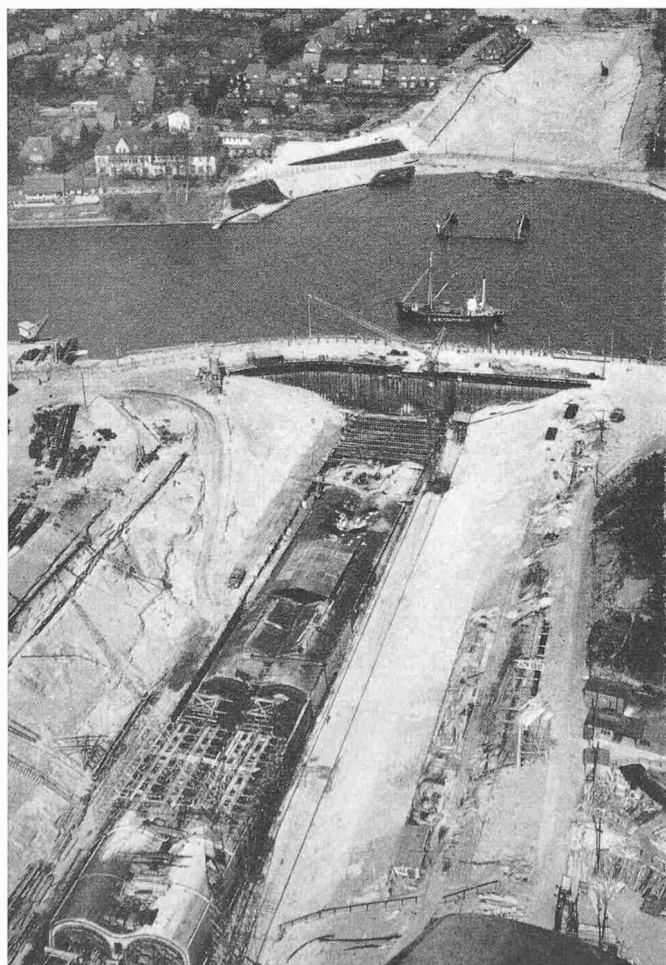


Bild 4. Baugrube Süd, Fangdamm, Kanal und Baugrube Nord

## Nekrologe

† Hans Conrad, alt Obergeringieur der Rhätischen Bahn. Als ich in den Krisenjahren 1933/34 als junger Bauingenieur an so und so vielen Orten um Arbeit anfragte, führte mich mein Weg auch nach Samedan zum damaligen Sektionsingenieur Conrad. Nachdem ich ihm meinen sehnlichsten Wunsch — arbeiten zu dürfen — vorgetragen hatte, sagte er: Wir Ingenieure in der Praxis tragen die Verantwortung für unsere jungen Kollegen und wir haben die Pflicht, ihnen Gelegenheit zu bieten, sich praktisch auszubilden. Ein Lächeln strahlte über ihn, denn Verantwortung und Pflicht waren für ihn keine Bürde, sondern eine Freude. Neben den vielen schönen Erinnerungen, die uns verbinden, denke ich heute gerne an unsere Gespräche zurück, ob die Technik unter die Dämonie oder unter das Gebot Gottes zu stellen sei. Eindeutig entschied er sich für die letzte These, denn er wusste, dass schliesslich die Persönlichkeit und nicht die Technik dominiert. In dieser Weltanschauung verwurzelt finden wir auch sein grosses Interesse für die Urgeschichtsforschung, die berufliche Erziehung, die sozialen und menschlichen Probleme, für politische Fragen, sowie die lebendige Teilnahme am kirchlichen Geschehen und nicht zuletzt seine Bindung zur moralischen Aufrüstung.

Geboren wurde Hans Conrad am 8. April 1887 in Eisenach, am Fusse der Wartburg, als Sohn des im Bündnerland sehr bekannten Seminardirektors Paul Conrad-Bärtsch. Bald siedelte die Familie in die rätsche Kapitale über, wo sie im Nicolaischulhaus wohnte. In Davos-Glaris, dem Bürgerort dieses Walsler-Geschlechtes, erwarb die Familie ein schönes