

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	88 (1970)
<b>Heft:</b>	40
<b>Artikel:</b>	Projektierung und Bau des Gas-Fernleitungsnetzes der Gasverbund Ostschweiz AG
<b>Autor:</b>	Weber, G. / Erb, O.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-84632">https://doi.org/10.5169/seals-84632</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

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

Das Gaswerk Schlieren wurde zur gemeinsamen Produktionszentrale erweitert. Zusätzlich zum (vorläufig noch betriebenen) Steinkohlengaswerk wurde eine moderne, leistungsfähige und flexible Spaltanlage mit einer Tagesleistung von  $3 \times 200\,000 \text{ m}^3$  Gas gebaut. Das in dieser Anlage produzierte Gas ist sehr sauber und zudem entgiftet. Als Rohstoff wird Leichtbenzin verwendet. Tankanlagen von insgesamt  $30\,000 \text{ m}^3$  Fassungsvermögen sichern den Nachschub. Die Spaltanlage kann jedoch auch andere Kohlenwasserstoffe zu Stadtgas umwandeln und sogar ein erdgasähnliches Gas herstellen.

Der Anschluss an die ausländischen Naturgasfelder konnte Ende 1969 hergestellt werden. Aus dem Raum Pfullendorf-Illmensee-Fronhofen gelangen die ersten Naturgasmengen in die Schweiz, und als erster Energiebezüger wird die AG Georg Fischer beliefert. Die Verbindungsleitung zwischen der Nordgrenze unseres Landes bis nach Schlieren ist im Bau. Noch diesen Herbst wird die Pipeline in Betrieb kommen. Somit können die GVO-Partner ihre Energie aus den Naturgasfeldern Pfullendorf beziehen.

Vorläufig ist es nur in den wenigsten Fällen möglich, das Naturgas direkt dem Verbraucher zuzuführen. In der Spaltanlage in Schlieren wird das Erdgas so aufbereitet, dass es mit dem bis jetzt üblichen Stadtgas austauschbar ist. Als weitere Ausbauetappe muss die Umstellung der gesamten Netze der GVO-Partner auf direkten Erdgas-

verbrauch in Angriff genommen werden. Die steigende Nachfrage nach Erdgas sowie die Notwendigkeit der Umstellung der Netze auf Erdgas verlangen auch einen weiteren Ausbau der Regionalverteilnetze.

In den letzten Jahren hat sich die Wirtschaftlichkeit der alten Kohlendestillationsanlage immer weiter verschlechtert. Dafür gibt es mehrere Gründe: einmal der Personalmangel – wer will heute schon die harte Schichtarbeit leisten? –, sodann der sehr grosse Anstieg der Personalkosten und schliesslich die beträchtliche Erhöhung der Rohstoffpreise. Eine möglichst rasche Stilllegung dieser Anlage drängt sich deshalb auf.

Besondere Aufmerksamkeit wird dem Problem der Sicherung der Versorgung in Zeiten gestörter Zufuhr gewidmet.

Das skizzierte Aufgabenprogramm der Gasverbund Ostschweiz AG bedingt grössere Investitionen. Diese sind zum Teil eine bewusste Vorleistung für die nähere Zukunft. Der Nutzen der Anlagen wird sich, wie bei anderen langfristigen Investitionen, erst in einigen Jahren bei gesteigertem Absatz voll auswirken können. Die Ausweitung des Absatzes beginnt sich – seit der ersten Bauetappe der Gasverbund Ostschweiz AG – bereits deutlich abzuzeichnen. Wie ausländische Beispiele zeigen, kann beim Vorliegen des Angebotes von Erdgas mit einer kräftigen Steigerung des Gasverbrauches gerechnet werden.

## Projektierung und Bau des Gas-Fernleitungsnetzes der Gasverbund Ostschweiz AG

Zusammengefasst<sup>1)</sup> und überarbeitet von **G. Weber** und **O. Erb**, dipl. Bauingenieure ETH, Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AG, Zürich

### 1. Einleitung

Der Energiebedarf unserer Industriegesellschaft ist in ständigem Ansteigen begriffen. Die verschiedenen Energieträger teilen sich bei der Übernahme der Zuwachsraten in unterschiedlichem Mass. Hier zeigt es sich, dass die Energie-

<sup>1)</sup> Sondernummer «Gas-Wasser-Abwasser» vom 30. Okt. 1969 anlässlich der Einweihung der Anlagen der Gasverbund Ostschweiz AG, siehe Literaturverzeichnis S. 909.

DK 622.692.4:662.767

Hierzu Tafeln 30 und 31

wirtschaft in einer Umbruchphase steht. In der Schweiz übernehmen die Erdölprodukte mit über 80 % für das Jahr 1968 den Hauptanteil. Der Konkurrenzkampf, der zwischen den verschiedenen Energieträgern besteht, wird sich in den nächsten Jahren noch verstärken, indem die Nuklearenergie und das Erdgas stärker in Erscheinung treten werden.

In Europa ist Erdgas in grossen Mengen vorhanden. Es seien hier nur die riesigen Naturgasvorräte in Gross-

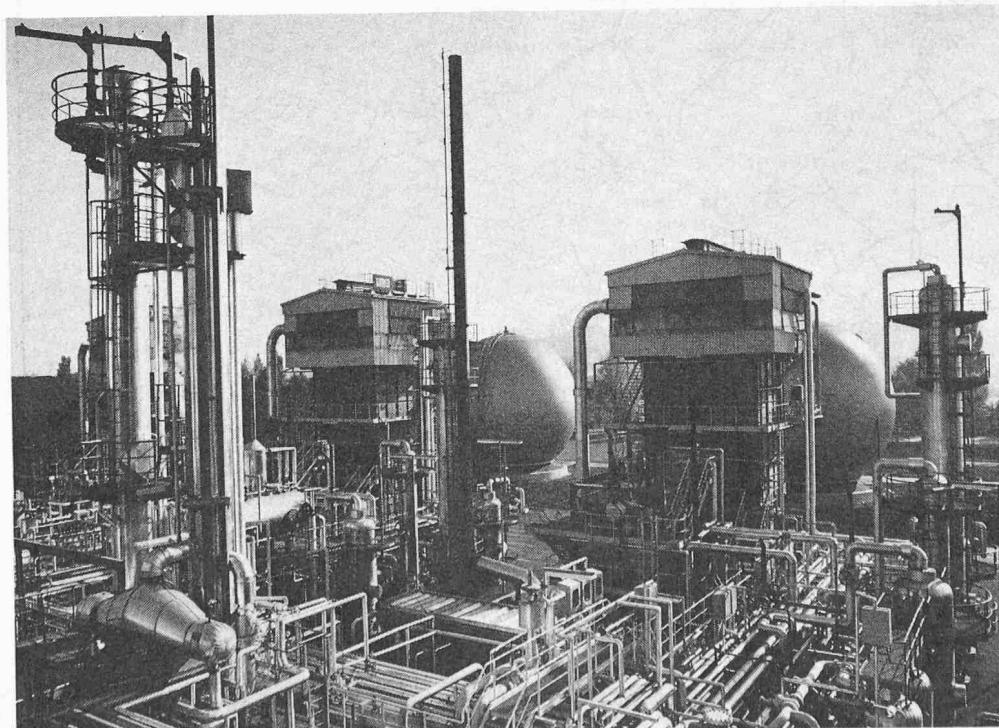


Bild 2. Gesamtansicht der Spaltanlage in Schlieren mit den Kugelgasbehältern im Hintergrund  
(Photo Usegas)

britannien und in den Niederlanden (Nordsee) erwähnt. In Nordafrika und in der Sowjetunion sind ebenfalls grosse Vorkommen bekannt geworden, und es ist zu erwarten und zu hoffen, dass in Westeuropa eine echte Konkurrenz zwischen den verschiedenen Angeboten entstehen wird. Das sowjetische Erdgas ist durch die im Januar 1970 abgeschlossenen Verträge zwischen den Sowjets und westdeutschen Partnern sowie Italien in nächste Nähe gerückt.

Um Erdgas als Energieträger wirtschaftlich einsetzen zu können, ist eine wesentliche Steigerung des Verbrauchs notwendig. Dazu ist das Erdgas rationell zu möglichst vielen Verbrauchern zu bringen. Der Aufbau eines entsprechenden Verteilnetzes bildet die Grundlage für eine Erweiterung des Umsatzes. Das Gasfernleitungsnetz, das von der Gasverbund Ostschweiz AG (GVO) gebaut wurde und noch gebaut wird, stellt für die angeschlossenen Gebiete die unerlässliche Infrastruktur-Vorleistung für eine rationelle Gasversorgung dar, vgl. Bild 1 (auf Falttafel).

Die erste Bauetappe 1968/69 umfasste eine Spaltanlage in Schlieren und das Stadtgas-Verbundnetz, durch welches die Partner von Schlieren aus mit Stadtgas beliefert werden können. Erdgas aus dem süddeutschen Raum konnte vertraglich für die Gasverbund Ostschweiz AG gesichert werden. Dazu wurde von der Übergabestelle an der Schweizer Grenze bei Thayngen bis nach Schlieren als zweite Etappe eine Erdgasleitung im Sept. 1970 in Betrieb genommen.

## 2. Produktionsanlagen

Bei der Planung der Produktionsanlagen wurde von Anfang an die zukünftige Erdgasversorgung und Erdgasverarbeitung berücksichtigt. Die Produktionsanlage beruht auf der Spaltung von flüssigen Kohlenwasserstoffen (Leichtbenzin) zu Stadtgas. Die Spaltung sollte aber auch erlauben, Flüssiggase oder Naturgase in Stadtgas umzuwandeln. Dazu kam die Anforderung, dass das Stadtgas vollständig entgiftet sei. Auch die Herstellung von Gas aus flüssigen Kohlenwasserstoffen, welches mit Naturgas austauschbar ist, sollte möglich sein. Im Rahmen der vorliegenden Ausführungen wird auf die eigentliche Spaltanlage, welche in [3] beschrieben ist, nicht näher eingegangen. Es sei lediglich festgehalten, dass sieben europäische Hersteller zur Ausarbeitung eines Projektes eingeladen worden waren. Von diesen erhielt schliesslich die Lurgi, Gesellschaft für Wärme- und Chemotechnik mbH in Frankfurt am Main den Auftrag für die Lieferung und Montage einer Spaltgasanlage mit drei Einheiten von je 200 000 Nm<sup>3</sup> Tagesproduktion an Stadtgas und einem Abgabedruck von 25 atü (Bild 2).

Einen weiteren Bestandteil der Produktionsanlage bildet die Tankanlage für Leichtbenzin. Diese besteht aus zwei oberirdischen, kugelförmigen Druckbehältern aus Stahl mit einem Fassungsvermögen von je 15 000 m<sup>3</sup>, was einem Gesamtgewicht von rund 20 000 t entspricht. Da diese Anlage nur 30 m neben der Limmat und direkt auf einem Grundwasserstrom steht, war für die Sicherung des Grundwassers mit besonderer Umsicht zu sorgen. Dabei waren neue Wege zu beschreiten.

Der Speicherung des Gases dienen zwei Hochdruck-Kugelbehälter (Bild 3), welche insgesamt 100 000 Nm<sup>3</sup> Spaltgas fassen können [8]. Das Maschinenhaus enthält sowohl Anlagen des Gaswerkes der Stadt Zürich als auch des Gasverbundes Ostschweiz AG und wird in einem besonderen Abschnitt beschrieben.

Die Produktionsanlagen werden ergänzt durch eine Reihe weiterer Bauten, unter denen die Wasseraufbereitungsanlagen erwähnt seien. Die Lieferung von Erdgas bedingte eine nachträgliche Ergänzung der Spaltanlage. Es war die Möglichkeit zu schaffen, die beiden Spaltgase aus

Leichtbenzin und aus Erdgas gegeneinander austauschen zu können, wozu die Dichte der beiden angeglichen wird.

## 3. Organisation von Projektierung und Bauleitung [4]

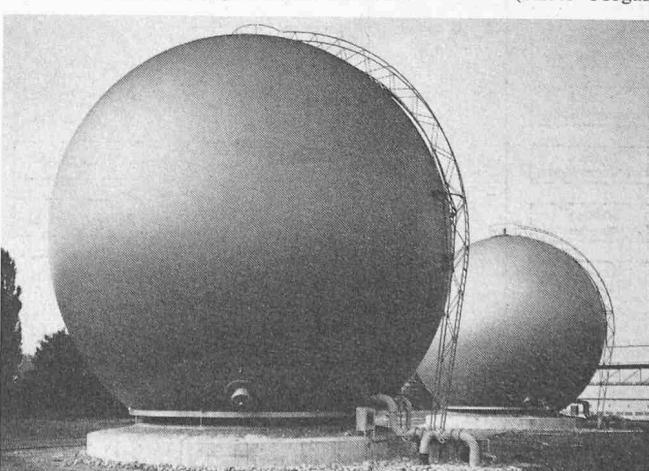
Die Gasverbund Ostschweiz AG erteilte am 1. Juni 1966 nach internationaler Konkurrenz der Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AG, Zürich, den Auftrag für die Projektierung und Bauleitung ihres Ferngassystems. Es handelte sich dabei um ein Gasfernleitungsnetz von 206 km Länge, welches die in der Gasverbund Ostschweiz AG zusammengeschlossenen zwölf Partner verbindet. Der Auftrag umfasste nicht nur die Pipeline, sondern auch die Bearbeitung der damit verbundenen 22 Druckreduzier- und Messstationen, Verteil- und Abnahmestationen und der Hilfsbetriebsanlagen in Schlieren. Dieses Netz konnte Ende Oktober 1969 dem Betrieb übergeben werden.

Im Frühling 1968 gelang der Gasverbund Ostschweiz AG der Abschluss eines Vertrages für die Lieferung von deutschem Naturgas aus dem Gebiet von Pfullendorf rund 50 km nordöstlich von Schaffhausen. Die GVO übernimmt das Erdgas an der Schweizer Grenze bei Thayngen und transportiert es mit einer rund 54 km langen Pipeline nach Schlieren. In der dortigen Spaltanlage wird das Naturgas, welches den doppelten Heizwert des Stadtgases aufweist, in Stadtgas umgewandelt und sodann den Partnern über das GVO-Netz abgegeben. In Erweiterung des bisherigen Mandates wurde die Projektierung und Bauleitung ebenfalls der Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AG anvertraut. Ein erstes Teilstück dieser Leitung wurde im Herbst 1969 in Betrieb genommen, so dass die neue Giesserei der Georg Fischer AG in Herblingen als erste Schweizerindustrie mit Naturgas versorgt werden kann. Die Verlängerung der Leitung nach Schlieren konnte kürzlich dem Betrieb übergeben werden.

Die Projektierung einer Pipeline berührt fast alle Gebiete des Ingenieurwesens und erfordert das Zusammenwirken der verschiedensten Fachleute. Der Geologe beurteilt die Bodenverhältnisse und die Sicherheit der Leitung in bezug auf Rutschungen, der Vermessungsingenieur beschafft die nötigen Planunterlagen, der Thermodynamiker erfasst mit seinen Berechnungen die Strömung des Gases, eines kompressiblen Mediums, der Rohrstatiker widmet sich den besonderen Rohrverlegungsproblemen wie zum Beispiel der Leitungsverlegung im Bodensee, der Stahlbauingenieur erlässt Vorschriften über die Materialeigenschaften der Rohre, der Maschineningenieur entwirft die Druckreduzierschienen, während Kathodenschutz, Fernwirk- und Telefonieanlagen in das Gebiet der Elektroingenieure fallen. Diese komplexe Aufgabe erfordert den koordinierten Ein-

Bild 3. Hochdruck-Kugelbehälter Schlieren

(Photo Usogas)



satz von kompetenten Ingenieuren, aufeinander abgestimmte Arbeitsteams und grosse Arbeitskapazität. Die Organisation, wie sie sich bei dieser Gasfernleitung bewährt hat, ist in Bild 4 dargestellt.

Der Sicherung der für den Pipelinebau erforderlichen Durchleitungsrechte kommt entscheidende Bedeutung zu. Im 206 km langen Netz der GVO waren 1200 Grundstücke von privaten und rund 1000 Parzellen von öffentlich-rechtlichen Grundeigentümern zu durchqueren. Für die Erdgasleitung kamen nochmals 650 Parzellen dazu. Eine umfassende Orientierung der Grundeigentümer, ein gerechter – auf echter Partnerschaft beruhender – Durchleitungsrechtsvertrag sowie die unparteiischen Durchleitungsrechtsakquisiteure der «Schweizerischen Vereinigung Industrie und Landwirtschaft» (SVIL) haben gleichermassen dazu beigetragen, dass die überwiegende Mehrzahl der Grundeigentümer ohne Anwendung des Expropriationsrechtes der Durchleitung zustimmten.

#### 4. Gesetzliche Vorschriften und Verfahren [5]

##### 4.1 Die gesetzlichen Vorschriften

Zu Beginn der Auftragsbearbeitung standen für den Bau von Rohrleitungsanlagen folgende gesetzliche Vorschriften zur Verfügung:

- Bundesgesetz vom 4. Oktober 1963 über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe (RLG)
- Vollziehungsverordnung vom 25. Februar 1964 zum Bundesgesetz über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe (RLV 64)
- Entwurf vom 30. Juni 1965 für die Verordnung über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen.

Im Laufe der Auftragsbearbeitung traten folgende gesetzliche Vorschriften in Kraft:

- Verordnung vom 1. Juli 1966 über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen (RLS)
- Vollziehungsverordnung vom 11. September 1968 zum Bundesgesetz über Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe (RLV 68). Diese Verordnung ersetzt diejenige von 1964.

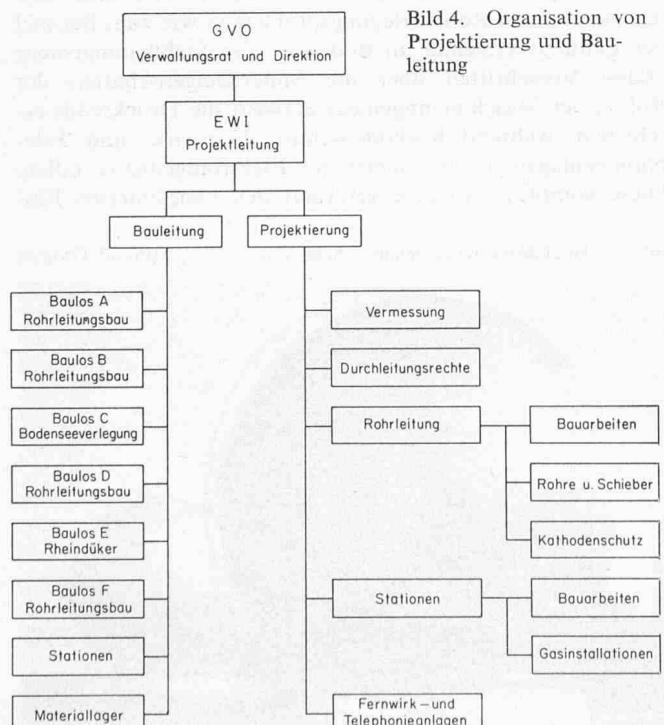


Bild 4. Organisation von Projektierung und Bauleitung

Für die Projektbearbeitung wurden ferner die nachstehenden verbindlichen Unterlagen berücksichtigt:

- Richtlinien (2. Entwurf) des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke für Sicherheitsmassnahmen bei der Annäherung von Starkstromanlagen an Rohrleitungsanlagen zur Beförderung flüssiger oder gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe, aufgestellt von der Arbeitsgruppe «Rohrleitungen» des VSE unter Mitwirkung des Eidg. Starkstrominspektoreates und der Kontrollstelle der Korrosionskommission des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins
- DIN-Normen Nr. 17172, 2413 und 2470
- Verschiedene kantonale Vorschriften und Verordnungen im Zusammenhang mit Gewässerschutz, Wasserbau und Strassenbau usw.

##### 4.2 Die vorgeschriebenen Verfahren

Bevor mit dem Bau einer Gasfernleitung begonnen werden kann, müssen die im Gesetz vorgeschriebenen Verfahren durchgeführt sein. Im weiteren ist das notwendige Land zu erwerben, und die Durchleitungsrechte sind vertraglich zu sichern.

Das Rohrleitungsgesetz unterscheidet zwischen Leitungen, die der Oberaufsicht des Bundes unterstehen, und solchen, die kantonaler Aufsicht unterstehen. Für Leitungen unter kantonaler Oberaufsicht gelten die kantonalen Gesetzgebungen, auf welche im weiteren nicht eingetreten wird.

Die drei für den Bau der Rohrleitungen notwendigen eidgenössischen Verfahren (Bild 5) sind: das Konzessionsverfahren, das Planauflageverfahren und das Enteignungsverfahren.

##### 4.2.1 Das Konzessionsverfahren

Der Bau und Betrieb einer Rohrleitungsanlage unter eidgenössischer Aufsicht bedarf einer Konzession des Bundes. In einem Konzessionsgesuch sind alle zur Beurteilung des Gesuches erforderlichen Angaben dem Bunde vorzulegen. Gleichzeitig ist der Antrag für die Erteilung des eidgenössischen Enteignungsrechtes zu stellen, sofern der Gesuchsteller dies benötigt.

Die in diesem Verfahren zu prüfenden Punkte sind im wesentlichen die folgenden:

- Gefährdung von Personen, Anlagen und Rechtsgütern
- Konflikte mit anderen öffentlichen Interessen
- Fragen der Sicherheit des Landes und seiner Neutralität
- Nationalitätsanforderungen an den Gesuchsteller
- Erteilung des Enteignungsrechtes
- Begehren Dritter, die Interesse an einem ähnlichen Projekt besitzen oder ein Transportrecht geltend machen.

Das Konzessionsgesuch für das GVO-Fernleitungsnetz wurde am 15. September 1966 eingereicht. Das Konzessionsverfahren benötigte acht Monate, und am 9. Mai 1967 wurde die Konzession durch den Bundesrat erteilt. Das Konzessionsgesuch für die Erdgasleitung Thayngen—Schlieren wurde am 15. September 1968 eingereicht. Diesmal benötigte das Verfahren 5 Monate, bis die Konzession am 12. Februar 1969 erteilt werden konnte.

##### 4.2.2 Das Planauflageverfahren

Das im Anschluss an die erteilte Konzession ausgearbeitete Bauprojekt ist dem Eidg. Amt für Energiewirtschaft einzureichen, das dieses den berührten Kantonen zur Auflage in den Gemeinden weiterleitet.

Im anschliessenden Planauflage- und Plangenehmigungsverfahren sind im wesentlichen die folgenden Punkte abzuklären:

- Vernehmlassungen der eidg. Behörden und der Kantone betreffend Einwände und Begehren, welche sich aus anderen gesetzlichen Erlassen ergeben

- Einsprachen von Personen, die in ihren Interessen verletzt werden
  - Einsprachen gegen die Inanspruchnahme bestimmter einzelner Rechte.

Die Planauflageverfahren für die GVO-Leitungen wurden in verschiedenen Etappen durchgeführt. Dies erwies sich als zweckmässig. Die dadurch erreichte Staffelung sowohl der Arbeit der Behörden als auch der Projektbearbeiterin trug wesentlich dazu bei, dass das ganze Projekt in so kurzer Zeit verwirklicht wurde.

Gegen die Verfügung der Aufsichtsbehörde kann durch Beschwerde an das Eidgenössische Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartement rekurriert werden. Der Entscheid des letzteren kann noch an den Bundesrat bzw. an das Bundesgericht weitergezogen werden, welche in letzter Instanz entscheiden.

Diese Möglichkeiten des zweimaligen Weiterziehens von Verfügungen können für ein Projekt leicht zu kritischen Zeitfaktoren werden, da immer wieder Vernehmlassungsfristen abgewartet werden müssen und viel Zeit durch die mehrmalige Bearbeitung durch die verschiedenen Instanzen benötigt wird.

Für die Hochbauten der Anlagen sind zusätzlich die kantonalen und kommunalen Vorschriften betreffend Ausschreibung und Baubewilligung zu beachten.

Im Zuge des Plangenehmigungsverfahrens für das Stadtgasnetz unter Aufsicht des Bundes mussten 120 Einsprachen oder 0,8 Einsprachen pro Kilometer Leitung bearbeitet werden. Dazu kamen elf Beschwerden an die zweite Instanz. Auf den kantonalen Strecken wurden 23 Einsprachen behandelt. Für die Erdgasleitung Thayngen—Schlieren ergaben sich 56 Einsprachen, was 1,05 Einsprachen pro Kilometer Leitung entspricht. Der Hauptteil dieser Einsprachen konzentrierte sich auf die Leitungsführung im Einzugsgebiet der Stadt Zürich.

#### 4.2.3 Das Enteignungsverfahren

Der Eingriff in das Grundeigentum bei Leitungsabschnitten, welche der kantonalen Aufsicht unterstehen, ist nicht gravierend, da als einzige Einschränkungen das Baum- pflanzverbot auf je 3 m seitlich der Leitung und der Fundamentabstand von je 2 m vorgeschrieben sind. Im folgenden wird deshalb auf die verschiedenen kantonalen Verfahren der Enteignung nicht näher eingetreten.

Bei Leitungen unter Aufsicht des Bundes können zum Durchleitungsrecht Bauverbote und Benützungsbeschränkungen usw. dazu kommen, welche grössere finanzielle Folgen haben. Dies ist der Grund, weshalb 90 Fälle bei der Eidg. Schätzungskommission Kreis VI angemeldet werden mussten. Für die Erdgasleitung werden noch einige Verfahren in nächster Zeit dazu kommen.

Nach Abschluss des Plangenehmigungsverfahrens durch die Aufsichtsbehörde ist, soweit nötig, das Forderungsbereinigungsverfahren vor der Schätzungskommission als erster Instanz durchzuführen. Als zweite und letzte Instanz entscheidet das Bundesgericht. In diesen Enteignungsverfahren können Begehren, die eine Planänderung be- zwecken, nicht mehr behandelt werden.

#### 4.3 Landerwerb für Stationen

Die Standorte der Stationen sind von der Projektierung her meist schon sehr genau gegeben. Es hat sich bestätigt, dass Land auch ohne jegliche Bauerwartung heute wesentlich über dem Landwirtschaftswert gehandelt wird und somit zu einem entsprechend hohen Preis erworben werden musste.

#### 4.4 Der Kulturschaden

Pipelines können wirtschaftlich nur mechanisiert erstellt werden. Eine solche mechanisierte, wandernde Baustelle bedingt gezwungenermassen einen grossen temporären Eingriff in die Landschaft. Uneingeweihte vermögen

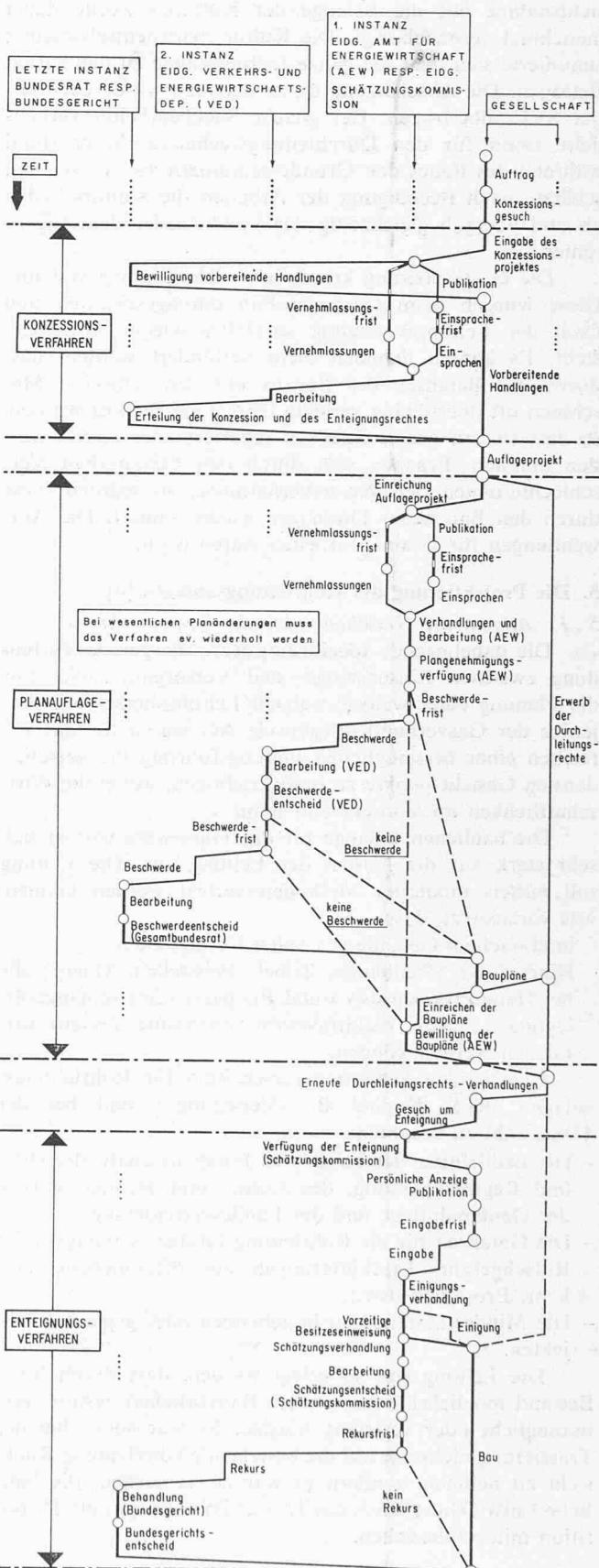


Bild 5. Ablauf der eidgenössischen Verfahren

aber schon nach wenigen Monaten kaum mehr eine Spur der Arbeiten zu entdecken.

Der entstehende Kulturschaden wird nicht mit der Durchleitungsrechtsentschädigung abgegolten, sondern ist getrennt zu vergüten. Die Baukolonnen sind ständig unter Zeitdruck, ja sie arbeiten zeitweise im Akkord. Die Rücksichtnahme auf die Belange der Kulturen wurde dabei manchmal vernachlässigt. Die Kulturschadenentschädigung summierte sich über die ganze Leitungslänge zu namhaften Beträgen. Die Abschätzung dieser Schäden wurde ebenfalls der SVIL übertragen. Der gleiche Sachbearbeiter verhandelte somit für den Durchleitungsrechtserwerb, er stand während des Baues den Grundeigentümern zur Verfügung, schätzte nach Beendigung der Arbeiten die Kulturschäden ab und übergab gleichzeitig das Land wieder dem Eigentümer.

Die Gasfernleitung kreuzt sehr viele Drainagesysteme. Diese wurden beim Grabenaushub durchgeschnitten und nach der Leitungsverlegung sorgfältig wieder instandgestellt. Es konnte dennoch nicht verhindert werden, dass durch das Befahren des Bodens mit den schweren Maschinen oft oberflächig verlegte Drainagen zerstört wurden, so dass sie auf grosse Strecken repariert oder ersetzt werden mussten. Ergaben sich durch den Leitungsbau Verschlechterungen der Wasserverhältnisse, so wurden diese durch den Bau neuer Drainagen wieder saniert. Die Aufwendungen für Drainagearbeiten waren hoch.

## 5. Die Projektierung der Rohrleitungsanlagen [4]

### 5.1 Allgemeine Gesichtspunkte der Trassewahl

Die naheliegende Ideallösung wäre die gerade Verbindung zwischen Einspeisungs- und Versorgungsstelle. Für die Planung eines weitverzweigten Leitungsnetzes wie dasjenige der Gasverbund Ostschweiz AG waren für das Erreichen einer bestmöglichen Leitungsführung die verschiedensten Gesichtspunkte zu berücksichtigen, wobei die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund stand.

Die baulichen Belange für die Trassewahl wirken sich sehr stark auf die Kosten der Leitung aus. Die Leitung soll mittels moderner Methoden verlegt werden können, was voraussetzt, dass

- in einfachem Gelände gearbeitet werden kann
- Hindernisse (Steilhänge, Tobel, Felsstellen, Quergefährte bei Hangtraversen usw.) und Engpässe (Strassenlängsverlegungen, lange Waldtraversen, überbaute Zonen) vermieden werden können.

Gemäss den Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen (RLS, Kapitel B: «Verlegung») sind bei der Trassewahl zu beachten:

- Die Bedürfnisse der Land- und Forstwirtschaft, der Orts- und Regionalplanung, des Natur- und Heimatschutzes, der Denkmalpflege und der Landesverteidigung;
- Die Gefahren für die Rohrleitung infolge Senkungs- oder Rutschgefahr, Erschütterungen aus öffentlichem Verkehr, Erosionen usw.;
- Die Mindestabstände zu bestehenden oder geplanten Objekten.

Die Leitung soll so gelegt werden, dass durch ihren Bestand möglichst wenig andere Bauvorhaben gestört, verunmöglich oder verteuert werden. Es war somit bei der Trassierung nicht nur auf die bestehende Überbauung Rücksicht zu nehmen, sondern es war zu versuchen, die bauliche Entwicklung längs des Trasses im voraus in die Disposition miteinzubeziehen.

### 5.2 Vorgehen bei der Trassewahl

Das Karten- und Geländestudium bildet die Ausgangs-

lage für die Bearbeitung von möglichen Trassevarianten. Die Besonderheiten der Topographie, der Siedlungsgebiete und der Geologie weisen bereits in diesem Stadium auf Fixpunkte hin, welche den Verlauf der Leitung wesentlich beeinflussen.

Die Erfahrung hat bestätigt, dass sich der Aufwand lohnt, mit dem Konzessionsgesuch einen Trassevorschlag unterbreiten zu können, der zumindest in technischer, wenn möglich auch schon in privatrechtlicher Hinsicht, weitgehend hieb- und stichfest ist. Der Umfang an zu verarbeitenden Informationen von öffentlicher und privater Seite ist dabei unverhältnismässig gross, kommt aber in der Detailplanung und sogar während der Bauphase dem Projektbearbeiter wieder zugute, indem Baubewilligungen rascher ausgesprochen bzw. allfällige Enteignungen rechtzeitig in die Wege geleitet werden können. Im Rahmen der Trassewahl wurden für die Stadtgasleitung teilweise mehrmalige Sitzungen mit den Gemeinderäten von 76 Gemeinden durchgeführt mit dem Zweck, deren Probleme kennenzulernen, insbesondere die Entwicklungstendenzen in baulicher Hinsicht, wie Zonenplanung, heute und in Zukunft, ausstehende und mögliche öffentliche Bauten, Kläranlagen, Abwasserkanäle, Meliorationen, Güterzusammensetzungen, Wasserversorgung usw.

Gleichzeitig wurden die Gemeinderäte anhand von Dokumentationsmaterial und Vorträgen über die Vorhaben der Gasverbund Ostschweiz AG orientiert. Die Erdgasleitung führt über das Hoheitsgebiet von 24 Gemeinden, wobei acht Gemeinden von beiden Leitungen betroffen sind. Die Erfahrung hat gezeigt, dass diese Kontakte in Anwesenheit von Vertretern des Bauherrn und des Planers die weiteren Projektphasen sehr oft erleichtern. Auch die kantonalen Ämter der fünf betroffenen Kantone waren über die Bauvorhaben der GVO zu orientieren.

Nicht zuletzt war die frühzeitige Kontaktnahme mit eidgenössischen Amtsstellen erforderlich, um in den Besitz der notwendigen Unterlagen bezüglich Bahnen, grösseren Gewässern sowie Transport- und Übermittlungsleitungen zu gelangen und auch die Belange der Landesverteidigung berücksichtigen zu können.

Aus diesen Kontakten ergab sich eine fruchtbare Zusammenarbeit mit den Vorstehern und Sachbearbeitern der einzelnen Behörden und Ämter.

Schon bei der Eingabe des Konzessionsprojektes, noch mehr aber bei der Eingabe des Auflageprojektes muss der Leitungsverlauf bis in die kleinste Einzelheit bekannt sein, um mit einiger Bestimmtheit annehmen zu können, dass keine Trasseänderungen mehr auftreten, welche das Gesamtkonzept beeinflussen. Die Trassewahl kann erst als endgültig angesprochen werden, wenn die gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren zum Abschluss gebracht sind und für jeden Meter Leitung die notwendigen dinglichen Rechte erworben sind.

### 5.3 Besondere Probleme

Im folgenden wird auf einige neuralgische Punkte der Trassewahl eingetreten und an Beispielen die mannigfache Problemstellung näher beleuchtet.

#### 5.3.1 Agglomeration Zürich

Die Produktionsanlage Schlieren befindet sich am linken Limmatufer bei der Gemeindegrenze Zürich-Schlieren. Sie liegt mitten in einer Zone bestehender und projektierte öffentlicher und privater Anlagen: Nationalstrasse mit Anschlussbauwerken, Kläranlage Werdhölzli, Industrieanlagen usw. Das gegenüberliegende, rechte Limmatufer ist von Zürich bis zum Kloster Fahr überbaut.

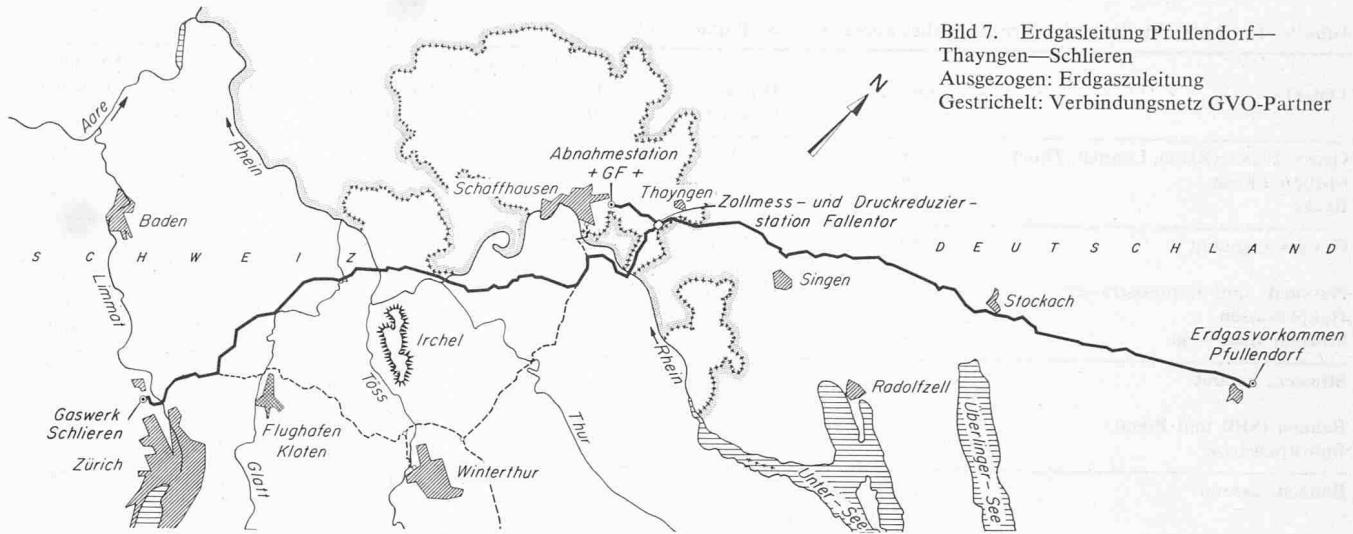


Bild 7. Erdgasleitung Pfullendorf—Thayngen—Schlieren  
Ausgezogen: Erdgasleitung  
Gestrichelt: Verbindungsnetz GVO-Partner

Längs der Gemeindegrenze Zürich—Oberengstringen weist die Bebauung des rechten Limmathanges noch Lücken auf, die eine Leitungsführung ermöglichen. Vom Gaswerk Schlieren bis auf die Höhe des Gubrist war folgendes zu berücksichtigen:

- längs dem linken Limmatufer mussten die schutzwürdigen Auenwälder möglichst geschont werden
- die Limmatbrücke der N 1 wurde am linken Widerlager unterfahren
- der Hausersche Kanal (Entlastung der Kläranlage Werdhölzli) musste unterfahren werden
- die Limmat wurde mit einem Hängesteg überquert. Dieser Steg ist gleichzeitig als Fussgängerpasserelle ausgebildet, die der Erschliessung der Uferlandschaft als Erholungsraum dient (Bild 6)
- die Limmattalstrasse durfte für die Durchführung der Gasleitungen nicht geöffnet werden. Die Leitungen wurden deshalb in ein durchpresstes Mantelrohr eingelegt
- die Lücken in der Überbauung längs der Gemeindegrenze Zürich—Oberengstringen waren für die Führung der Leitungen bestmöglich auszunützen
- die geplante Querverbindung (Ausbau der Frankentalstrasse) war in die Planung mitaufzunehmen
- für die Waldtraverse Gubrist waren die Interessen der Forstwirtschaft gegen diejenigen der GVO abzuwägen.

### 5.3.2 Flughafen Kloten

Das heutige Flughafenareal bildet für Versorgungsleitungen von und zum Raum Zürich eine Schranke von rund 4 km Breite. Die Leitungsführung um den Flugplatz hatte nicht nur den bestehenden, sondern auch den zukünftigen Pistenbauten Rechnung zu tragen. Es musste versucht werden, sowohl die industrialisierten und überbauten wie die zur Überbauung vorgesehenen Zonen von Rümlang als auch die sich in andauernder Entwicklung befindende Flugplatzzone technisch und sicherheitstechnisch richtig, sowie wirtschaftlich vertretbar zu kreuzen.

### 5.3.3 Raum Winterthur

Das Gaswerk Winterthur liegt als wichtiger Abnehmer fest. Der Zubringer zum Anschlusspunkt im Gaswerkareal musste als Mitteldruckleitung ausgebildet werden. Die Stadt selbst war nördlich (oder südlich) zu umfahren. Von Winterthur aus verzweigt sich das Netz in die Äste Schaffhausen und St. Gallen, so dass sich bei der nördlichen Umfahrung eine Verteilstation im Raum Seuzach ergab.

Die Freiheit der Trassewahl war in diesem Gebiet durch die verschiedensten Randbedingungen stark eingeschränkt. Unter Einbezug von bestehenden Schneisen von

Hochspannungsleitungen, von Autobahn mit Anschlussbauwerken, in Berücksichtigung geplanter Gewässerkorrekturen (Chrebsbach), von Grün- und Freihaltezonen, wurde ein Leitungskorridor geschaffen. In Wülflingen (Taggenberg) mussten die Trassen sogar durch Landerwerb oder Bauverbote gesichert werden. Es zeigt sich, dass eine bauliche Ausnützung in der Bauzone trotz Durchquerung durch Hochspannungsleitung und GVO-Fernleitung immer noch möglich ist. Die Behinderung und der entstehende Schaden durch solche Leitungen lassen sich meist in kleinem Rahmen halten.

### 5.3.4 Irchel und Rhein

Der Irchel bildet zwischen Neftenbach und der Töss einen Riegel. Die bewaldete Tafel des Irchels mit ihren teilweise rutschgefährdeten Steilabfällen sollte mit einer Gasfernleitung besser nicht überquert werden. Umfährt man den Irchel südlich, so erhält man die Linienführung der nördlichen Umfahrung der Agglomeration Winterthur.

Bild 6. Limmatsteg

(Photo Wolff-Bender's Erben)

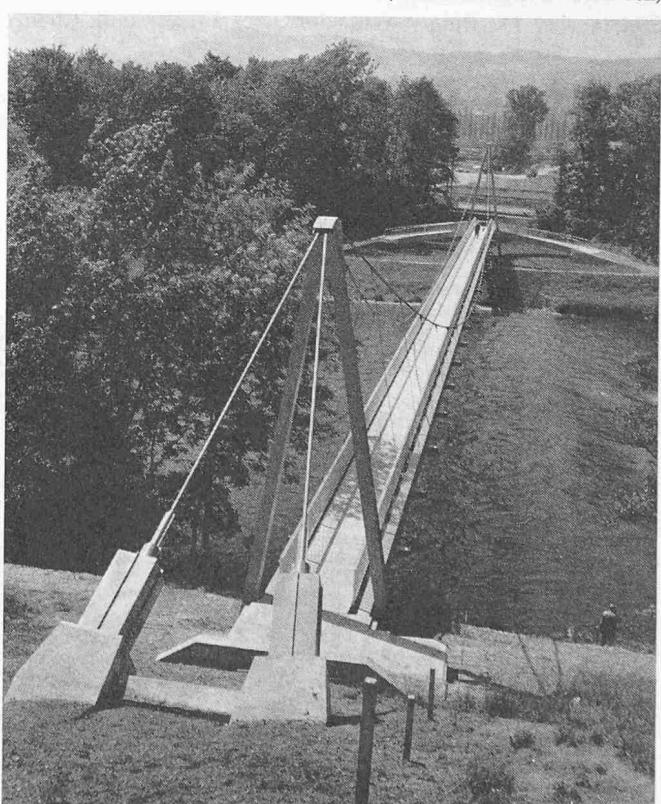


Tabelle 1. Übersicht über die Kreuzungsbauwerke des Stadtgasnetzes

Objekt	Düker	Brücken, bestehend	Rohrbrücken	Durch-pressungen	Graben-verlegung	Anzahl Kreuzungen
Grosse Flüsse (Rhein, Limmat, Thur)	8	3	2	—	—	13
Mittlere Flüsse	6	2	3	—	—	11
Bäche	55	10	3	—	—	68
Gewässer, gesamt	69	15	8	—	—	92
National- und Expressstrassen	—	—	—	3	9	12
Hauptstrassen	—	—	—	27	35	62
Strassen und Wege	—	—	—	2	488	490
Strassen, gesamt	—	—	—	32	532	564
Bahnen (SBB und Privat)	—	—	—	14	8	22
Industrieleise	—	—	—	—	3	3
Bahnen, gesamt	—	—	—	14	11	25

Wird der Irchel nördlich umfahren, wie dies für die Erdgasleitung vorgesehen ist, so ergeben sich zwangsläufig zwei zusätzliche Rheinquerungen. Die so entstandene, beinahe geradlinige Verbindung zwischen Pfullendorf-Schaffhausen und Zürich hat im weiteren noch den Vorteil, dass die aufstrebende Region Bülach-Regensdorf direkt mit Erdgas versorgt werden kann (Bild 7).

#### 5.4 Spezialbauwerke

Die Querung von verschiedenen Flüssen und grösseren Bächen, Strassen und Bahnen usw. bedingte Spezialbauwerke, auf welche die Tabelle 1 hinweist.

Nach Möglichkeit werden die Gewässer unterfahren. Eine sorgfältige Abklärung hinsichtlich Geschiebehaushalt, Wasserführung, Erosion und Geologie war bei den Flüssen Thur, Sitter und Töss, die oft noch Wildbachcharakter aufweisen, besonders wichtig. Im Zuge des Programmes für die Thurkorrektion konnte – in Zusammenarbeit mit den eidgenössischen und kantonalen Stellen – der Einbau der Gasfernleitung in eine neu zu erstellende Thorschwelle verhindert werden.

Die Erdgasleitung unterdrückt den Rhein an drei Stellen: bei Dörflingen-Willisdorf, bei Ellikon am Rhein-

Rüdlingen und bei Eglisau. Die Glatt wird bei Glattfelden unterfahren.

Bei den Rheinübergängen Dörflingen-Willisdorf und Ellikon-Rüdlingen wurde die Rohrleitung am Ufer zusammengeschweisst und vorbereitet. Mittels einer Winde am gegenüberliegenden Ufer wurde der ganze Düker in den unter Wasser ausgehobenen Graben eingezogen und anschliessend mit Kies überschüttet.

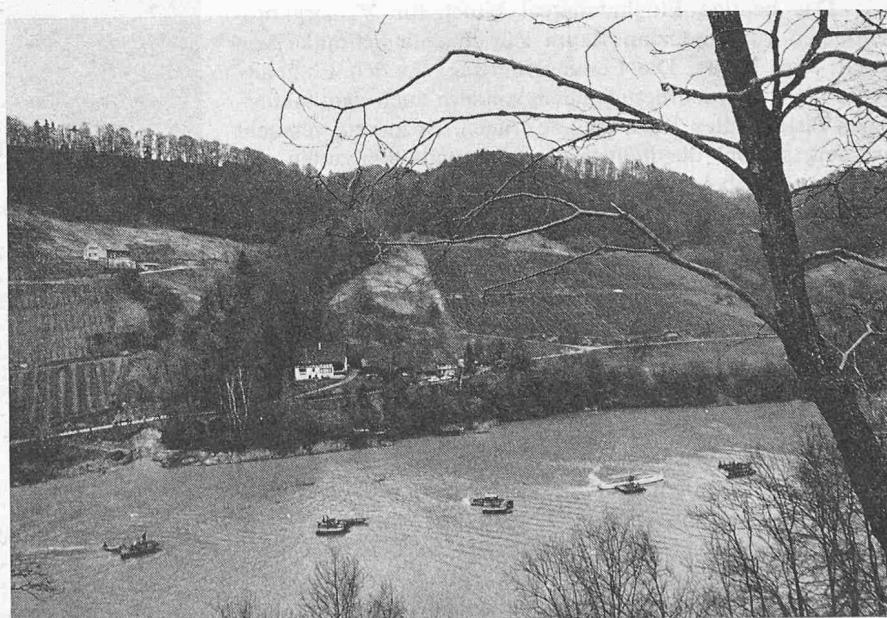
Bei der Rheinunterdäkerung Eglisau (Bilder 8, 9, 10 und 11) wurde das Rohr auf einer Rampe bei Seglingen vorbereitet und ins Wasser gefahren. An Pontons wurde der Düker unter Wasser angehängt und 1 km stromaufwärts in die richtige Lage eingeschwommen, wo dieser in die Sollage abgesenkt wurde. Das sehr steile, 44 m hohe linke, bewaldete Ufer des Rheins verlangte in Eglisau besondere Schutzmassnahmen gegen allfällige Rutschungen.

Im gesamten wurden acht Rohrbrücken erstellt, von denen jede auf Grund besonderer Verhältnisse angeordnet wurde. Der Hängesteg über die Limmat (130 m Spannweite) und der Steg über die Thur bei Bütschwil konnten mit öffentlichen Fussgängerübergängen verbunden werden.

Bild 8. Rheindüker Eglisau. Die Überwindung des 44 m hohen linken Steilufers verlangte umfangreiche Sicherungsmassnahmen gegen Rutschungen (Photo Usogas)



Bild 9. Verlegung des Rheindükers Eglisau. Angehängt an Schwimmabatterien wird das Rohr rheinaufwärts zur Einbaustelle geschwommen (Photo Comet)



## 6. Bemessung des Rohrnetzes [6]

Die Hauptaufgabe des Rohrleitungsnetzes (Bild 12, auf Falttafel) ist die Versorgung der GVO-Partner mit Spaltgas aus der Spaltanlage Schlieren. Die Gaswirtschaft steht derzeit jedoch in einem solchen Umbruch, dass erwartet werden muss, dass das Ursprungsdispositiv in kurzer Zeit wesentlich ändern kann. Zur Zeit der Planung stand noch keineswegs fest, wann und woher in Zukunft das Erdgas oder das aus Erdgas gewonnene Stadtgas ins Netz eingespielen werden soll. Deshalb hat man das Netz mit Hilfe eines Rechenautomaten bemessen und die verschiedensten Betriebsfälle durchgerechnet:

1. Einseitige Einspeisung in Schlieren bei 25 und 64 atü
2. Einseitige Einspeisung im Paradis (Schaffhausen) bei 25 und 40 atü
3. Einseitige Einspeisung in Amlikon (Raum Kreuzlingen) bei 25 und 40 atü
4. Einseitige Einspeisung in Burriet (Raum Bregenz) bei 25 und 40 atü
5. Zweiseitige Einspeisung im Paradis und Amlikon bei 25 und 40 atü
6. Zweiseitige Einspeisung im Paradis und Burriet bei 25 und 40 atü.

Zur Berechnung diente die Durchflussformel für expandierende Fortleitung unter Berücksichtigung der Kompressibilität des Leichtbenzinspaltgases und unter Verwendung der Formel von Colebrook und White für den Widerstandsbeiwert, wobei eine Rohrrauhigkeit von 0,5 mm angenommen wurde. Die Verbrauchsentwicklung wurde proportional zum Verbrauch der angeschlossenen Partnergaswerke extrapoliert. Die Berechnungen erfolgten auf Grund einer stationären Strömung gemäss den Werktags-Tagesmitteln unter Annahme eines Spitzenausgleichs durch die bei den einzelnen Partner vorhandenen Behälter.

## 7. Rohrmaterial [6]

### 7.1 Rohrlieferung

Für die Stadtgasfernleitung und die Erdgasleitung wur-

Bild 10. Verlegung des Rheindükers Eglisau. Einschwimmen des Rohres (Photo Comet)



den insgesamt 264 km Rohre für Überlandleitungen und Außenverrohrungen der Stationen bestellt. Die Durchmesser betragen  $10\frac{3}{4}$ ",  $8\frac{5}{8}$ ",  $6\frac{5}{8}$ " und  $4\frac{1}{2}$ ". Dies entspricht einem theoretischen Gesamtgewicht von 6900 t, zuzüglich 117 t für Stahlschutzrohre von 6" bis 36" Durchmesser.

Auf Grund der Ausschreibung erfolgte die Lieferung durch die Thyssen-Röhrenwerke AG, Düsseldorf (Stadtgasnetz), und durch die Hoesch AG Röhrenwerke, Hamm (Erdgasnetz). Es darf hier erwähnt werden, dass die Lieferung für die GVO der Thyssen-Röhrenwerke AG bezogen auf das Liefergewicht ziemlich genau einer Tagesproduktion aller Werke dieser Gesellschaft entsprach.

Der Hauptteil der Rohre wurde mit Bitumen isoliert; es kamen auch auf grössere Strecken Isolationen auf Polyäthylengrundlage zur Verwendung. Kurze Rohrstücke, zum Beispiel an Brücken, wurden mit einem Zinkanstrich versehen.

### 7.2 Prüfung der Rohre im Werk

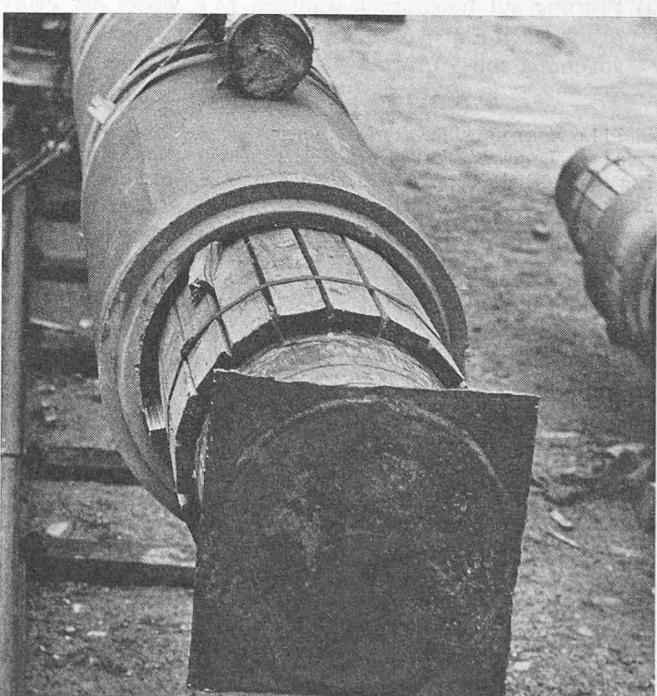
DIN 17 172 regelt die Prüfung der Rohre im Werk. Durch Sonderbedingungen der Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AG wurden diese Prüfungsanforderungen ergänzt. Die Prüfung erfolgte teilweise durch eine werkseigene Kontrollorganisation, teilweise durch solche des «Technischen Ueberwachungs-Vereins» (TUEV) im Auftrage des Bauherrn. Die Kontrollfunktion des Eidg. Rohrleitungsinspektorates wurde von diesem an den TUEV delegiert.

Für die Rohre gelangte die Hochfrequenz-Widerstands-Pressschweissung zur Anwendung, Bild 13. Alle Rohre müssen über die ganze Länge und über den ganzen Umfang normalisierend gegliüht werden. Diese Normalisierung hat vor der Druckprobe zu erfolgen. Unberuhigte Stähle U St 34.7 und U St 38.7 wurden ausgeschlossen.

Durch den TUEV wird insbesondere geprüft:

- Aussendurchmesser und Wanddicke aller Rohre
- Abweichungen von der Kreisform

Bild 11. Verlegung des Rheindükers Eglisau. Rohrende mit Abschlussplatte, Verlattung, Zementrohr als Ballast und Zusatzrohr für Kabel (Photo Comet)



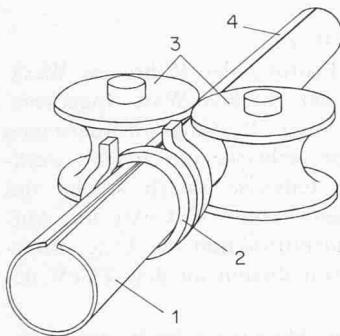
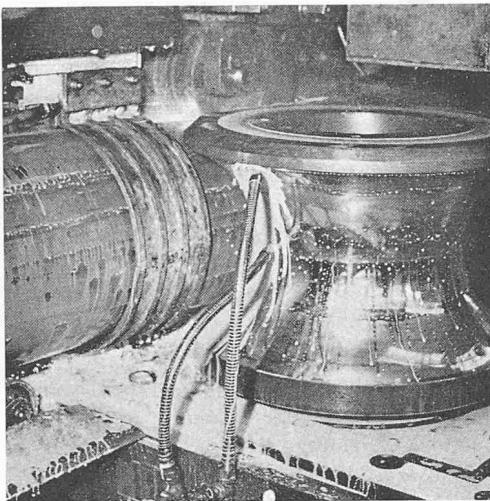


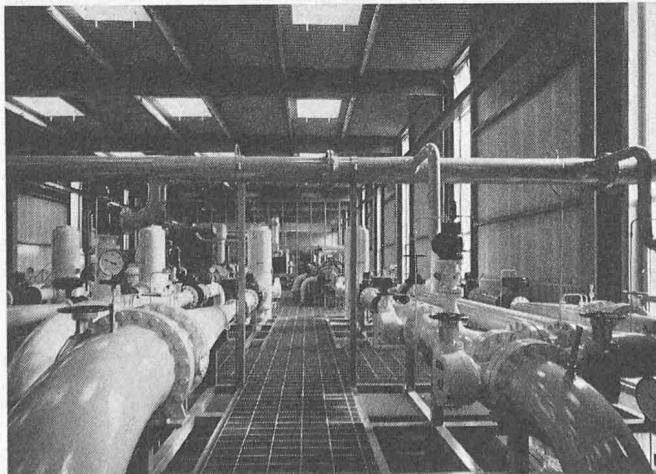
Bild 13. Hochfrequenz-Widerstands-Schweißung. Die Blechkanten des Schlitzrohres 1 werden mit dem Ringinduktor 2 auf Schweißtemperatur gebracht. Die Druckrollen 3 pressen die beiden Blechkanten aneinander, wodurch eine dem Blech gleichwertige Naht entsteht. 4 fertiggeschweißtes Rohr (Werkbild Thyssen)

- c) Äussere und innere Rohroberfläche auf Walzfehler, Deformationen, Geradheit sowie Bearbeitung der Rohrenden (Abmessung der Schweißfase, Schnittebene senkrecht zur Rohrachse)
- d) Schweißnaht-Überhöhung
- e) Entnahme von Abschnitten und deren Bearbeitung sowie die Kontrolle durch zerstörende Prüfungen: Zugversuch, Kerbschlagversuch, Ringfaltversuch, Faltversuch an Längsproben aus geschweißten Rohren, Ringzugversuch.

Das Lieferwerk prüfte auf eigene Verantwortung und lieferte die entsprechenden Atteste für:

- a) Prüfung auf Innendruck während 15 s, wobei der Prüfdruck nach DIN 2413 bestimmt wurde. Die Ringzugspannung soll 90 % der garantierten Streckgrenze nach

Bild 14. Innenaufnahme des Maschinenhauses Schlieren. Im Vordergrund die Druckreduzierschienen Regionalnetz und Stadt Zürich. Im Hintergrund links der Hochdruck-Notkompressor, rechts die Niederdruck-Kompressoren (Photo P. Morf)



DIN 17 172 erreichen. Es darf hier erwähnt werden, dass dieser Wert für die geplante Erdgasleitung des GVO auf 95 % erhöht wurde

- b) Ultraschallprüfung der Längsschweissnähte sowie der nahtlosen Rohre längs einer Schraubenlinie mit maximal 200 mm Steigung (Wanddicke, Walzfehler, Poren usw.)
- c) Prüfung der Rohrenden auf 25 mm Breite mittels Ultraschall auf Doppelungen, Schlackeneinschlüsse, Poren, welche die Feldschweissung ungünstig beeinflussen können
- d) Chemische Analyse jeder Schmelze
- e) Chemische Analyse des Stahls an 1 % der nahtlosen Rohre und an 2 % der geschweißten Rohre.

### 7.3 Prüfung der Rohre im Felde

#### 7.3.1 Schweißungen

Jeder Schweißer hatte vor Arbeitsaufnahme eine Schweißprüfung abzulegen. Jede Schweißnaht wurde geröntgt. Nähte, die nicht einer Druckprobe unterzogen werden konnten, wurden zusätzlich mit Ultraschall geprüft.

#### 7.3.2 Druckproben

Die fertig verlegten Leitungen wurden mit Wasser gefüllt und unter Druck gesetzt. Als Minimaldruck wurde der 1,3fache Betriebsdruck verlangt. Bei Maximaldruck durften die Spannungen 91 % der Streckgrenze des Rohrmaterials nicht überschreiten. Die Streckgrenze wurde dabei aus der garantierten Festigkeit ohne Berücksichtigung der Minustoleranz der Rohrwandung und Plustoleranz des Rohrdurchmessers definiert.

#### 7.3.3 Isolation

Die Isolation wurde stichprobenweise im Isolierwerk auf Durchschlagsfestigkeit und Schichtstärke geprüft. Die letzte Isolationskontrolle auf Durchschlagsfestigkeit erfolgte unmittelbar vor dem Eindecken oder Absenken. Zur Prüfung waren Geräte mit 20 000 V Prüfspannung vorgeschrieben.

### 8. Die Anlagen im Maschinenhaus Schlieren [7]

Auf dem Areal des Gaswerkes Schlieren stehen zwei Gasproduktionsanlagen. Die Spaltanlage liefert bei Normalbetrieb das Netz der Gasverbund Ostschweiz AG, während die vorderhand noch in Betrieb befindliche Kohlengasanlage das Gebiet der Stadt Zürich versorgt. Betriebliche Gründe ließen es als zweckmäßig erscheinen, eine zentrale Steuerung für beide Anlagen in einem gemeinsamen Maschinenhaus vorzusehen. Die Zusammenlegung der Kommandoanlagen in einem einzigen Raum und weitere Betriebsvereinfachungen kommen beiden Partnern zugute. Neben der Kommandoanlage Schlieren umfasst das Maschinenhaus Schlieren (Bild 14) die folgenden Teile:

- 1 Not-Hochdruckkompressor 25 atü
- Entnaphthalinungs- und Trocknungsanlagen (Hilfsbetriebe für den Not-Hochdruckkompressor)
- 3 Niederdruckkompressoren 7 atü für die Region Zürich
- Druckreduzier- und Messstation für das Netz Zürich
- Abnahmestation für Limmattal und Glattal
- Entspannungsschiene Niederdruckbehälter
- Abnahmestation Zürich
- Gaskonditionierungsanlagen.

Die eigentlichen Produktionsanlagen für Kohlengas und Spaltgas werden nicht vom Maschinenhaus ferngesteuert, sondern voneinander unabhängig betrieben.

#### 8.1 Die Funktion des Maschinenhauses

Das Übersichtsschema (Bild 15) lässt die Funktionen des Maschinenhauses erkennen. Die Versorgung des GVO-Netzes erfolgt unter einem Ausgangsdruck von rund 25 atü. Auch die Zürcher Regionalnetze Limmattal und Glattal

werden mit Spaltgas beliefert. Das Gas wird über die Druckreduzier- und Messstation Zürich unter einem Druck von 16,4 atü in zwei Hochdruckbehälter geleitet. Der zulässige Netzdruck in den Regionalnetzen beträgt heute 4 atü und wird später auf 7 atü erhöht. Die Reduktion des Druckes erfolgt in Druckreduzierschienen.

Die Kohlengasanlage, welche vorläufig bestehen bleibt, beschickt das Zürcher Stadtnetz. Das unter einem Druck von 200 bis 400 mm WS stehende Kohlengas wird durch sieben Niederdruckgebläse eingespien. Die täglichen Schwankungen werden von den alten Niederdruckspeichern ausgeglichen.

Bei Ausfall einer Produktionsanlage bestehen Austauschmöglichkeiten. Dabei ist Kohlengas bei einer Einspeisung in das GVO-Netz mittels des Not-Hochdruckkompressors auf 25 atü zu verdichten. Sind die Regionalnetze der Stadt Zürich mit Kohlengas zu beschicken, sorgen drei Niederdruckkompressoren für eine Verdichtung auf 7 atü.

### 8.2 Die Kommandoanlagen

Wie bereits erwähnt, dient die Kommandoanlage Schlieren zwei verschiedenen Zwecken. Es werden die Kompressoren- und Behälteranlagen sowie die Hilfsbetriebe des Werkes Schlieren gesteuert und überwacht. Dazu tritt nun die Überwachung der Druckreduzier- und Verteilstationen des Ferngasnetzes. Die Kommandoanlage selbst gliedert sich in einen eigentlichen Kommandoraum (Bild 16) und einen Relaisraum. Im Zentrum des Kommandoraumes steht das Steuerpult, auf welchem ein Blindsightsbild des Ferngasnetzes sowie der Werk anlage Schlieren aufgemalt ist. Diese übersichtliche Anordnung erlaubt eine rasche und sichere Bedienung der Steuer- und Überwachungselemente der Anlagen. Längs den Wänden sind die Steuer- und Registriertafeln angebracht.

Die Steuerung der beiden Anlageteile erfolgt nach verschiedenen Prinzipien und ist getrennt. Die Anlage Schlieren wird direkt gesteuert. Die Betriebsvorgänge bei den einzelnen Aggregaten laufen grösstenteils automatisch ab. Als Steuerspannungen werden 220 V 50 Hz und 48 V = verwendet. Die Befehle für das GVO-Netz sowie die Rückmeldungen und Messwerte werden über die Fernwirkanlage [11] übermittelt. Die Befehle werden mittels Steuerquittungsschaltern bzw. Drucktasten bei einer Steuerspannung von 48 V = eingegeben. Störungen werden im Kommandoraum optisch und akustisch signalisiert. Ein Leuchtransparenzschild, welches die entsprechende Objekte be-

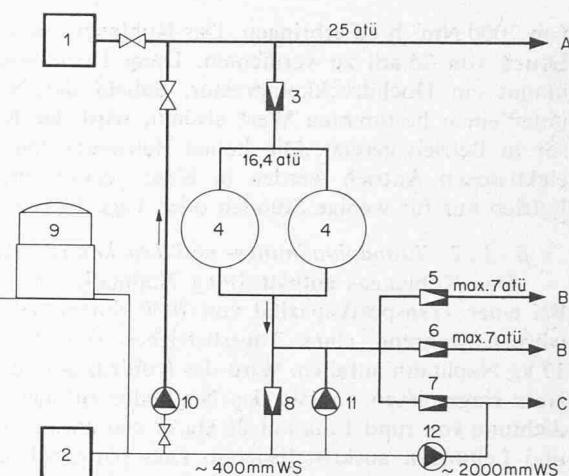
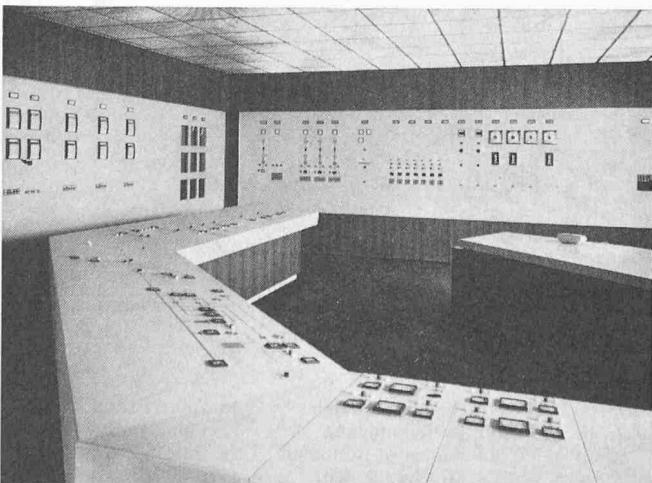


Bild 15. Übersichtsschema der Anlagen im Maschinenhaus Schlieren

- A Netz Ostschweiz
- B Netz Region Zürich, Limmattal, Glattal
- C Netz Stadt Zürich
- 1 Spaltgasanlage
- 2 Kohlengasanlage
- 3 Druckreduzier- und Messstation Zürich
- 4 Hochdruckbehälter 16,4 atü (zwei Stück)
- 5 Druckreduzierschiene Limmattal
- 6 Druckreduzierschiene Glattal
- 7 Druckreduzierschiene Stadt Zürich
- 8 Druckreduzierschiene für die Niederdruckbehälter
- 9 Niederdruckbehälter
- 10 Hochdruckkompressor 25 atü
- 11 Niederdruckkompressoren für die Region Zürich (drei Stück)
- 12 Niederdruckgebläse für die Stadt Zürich (sieben Stück)

Bild 16. Kommandoraum des Maschinenhauses Schlieren  
(Photo Usogas)



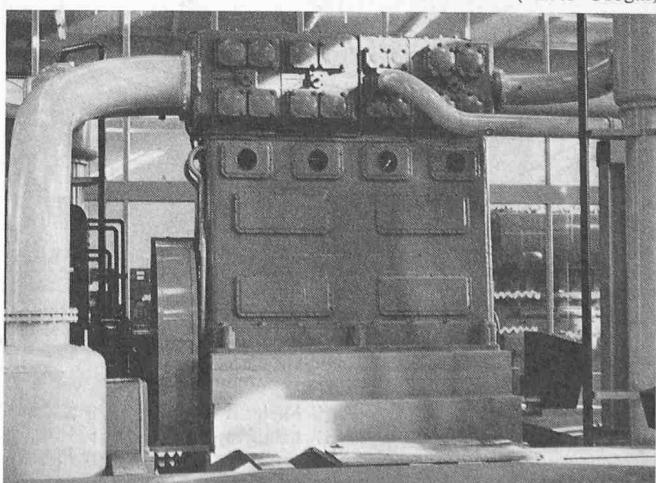
zeichnung trägt, leuchtet auf, und in der Leuchtkittertaste, auf welcher der Meldetext eingraviert ist, erscheint Blinklicht. Als Ergänzung zu dieser Überwachungsanlage steht für die Übermittlung von Dienstgesprächen eine gesellschaftseigene Betriebstelephonanlage zur Verfügung. Als Nachrichtenwege wurden paarsymmetrische Fernmelde- kabel verwendet, welche mit der Rohrleitung im gleichen Graben verlegt wurden.

### 8.3 Die einzelnen Anlagen im Maschinenhaus

#### 8.3.1 Hochdruckkompressor (Bild 17)

Bei einem völligen Ausfall der Spaltanlage ist vorgesehen, dass die Kohlengasanlage die Versorgung des GVO-Netzes übernimmt. Dafür ist eine maximale Förderleistung

Bild 17. Hochdruck-Notkompressor im Maschinenhaus Schlieren  
(Photo Usogas)



von 7000 Nm<sup>3</sup>/h zu erbringen. Das Kohlengas ist auf einen Druck von 25 atü zu verdichten. Diese Funktionen übernimmt ein Hochdruckkompressor. Sobald der Netzdruck unter einen bestimmten Wert absinkt, wird der Kompressor in Betrieb gesetzt. Die hohen Betriebskosten für den elektrischen Antrieb werden in Kauf genommen, da ein Betrieb nur für wenige Stunden oder Tage zu erwarten ist.

#### 8.3.2 Entnaphtalinungs- und Trocknungsanlage

Das Kohlengas enthält 100 g Naphtalin pro 1000 m<sup>3</sup>. Bei einer Transportkapazität von 7000 Nm<sup>3</sup>/h (GVO-Netz) würden während eines Tagesbetriebes von 24 Stunden 17 kg Naphtalin anfallen. Wird das Kohlengas in das GVO-Netz eingespielen, müsste das Naphtalin zufolge der Verdichtung von rund 1 atu auf 26 atu in den Zwischenkühlern und Leitungen auskristallisieren. Dies hätte Schädigungen an Kompressoren und Verstopfungen von Leitungen und Armaturen zur Folge. Um diesen entgegenzuwirken wurde eine Entnaphtalinungsanlage vorgesehen. Als solche dient eine dreistufige Anlage mit Waschöl, bei welcher die Wässerer bei 26, 9 und 3 atu den entsprechenden Stufenkühlern des HD-Kompressors nachgeschaltet sind. Jedem Wässerer ist ein besonderer Nebelabscheider vorgeschaltet, der ein Emulgieren des Wassers mit Waschöl verhindern soll.

Das Kohlengas enthält ferner am Austritt des Kompressors bei 26 atu und 30 °C 1,35 g Wasserdampf pro Nm<sup>3</sup>. Bei 24stündigem Betrieb des Kompressors wäre eine Wassermenge von 160 kg zu erwarten. Zwar sind in den ersten Kilometern der Ferngasleitung Kondenstöpfe zum Entfernen des Kondenswassers angeordnet. Trotzdem sind zusätzliche Massnahmen notwendig, um eine Verschmut-

zung der Ferngasleitung, Hydrat- und auch Rostbildung zu vermeiden. Das Kohlengas wird auf einem Taupunkt von —5 °C getrocknet. Die Absorption erfolgt in einer Bodenkolonne bei 26 atu mit Triäthylenglykol und dampfbeheizter Regeneration.

#### 8.3.3 Niederdruckkompressoren

Die Möglichkeit, Kohlengas in die Regionalnetze der Stadt Zürich einzuspeisen, stellt einerseits eine Sicherheit gegenüber einem Ausfall der Spaltanlage dar. Andererseits ist eine Spitzendeckung möglich. Die ND-Kompressoren dienen dazu, den erforderlichen Betriebsdruck von 7 atu herzustellen. Mit der Aufteilung der Anlage in drei gleiche Einheiten zu je 5000 Nm<sup>3</sup>/h Fördermenge bei  $p_1 = 1$  atu und  $p_2 = 8$  atu ist eine Anpassung an den effektiven Verbrauch besser möglich.

Für die Niederdruckverdichtung fielen Kolben-, Rotations- und Schraubenverdichter in Betracht. Die Kolbenverdichter schieden aus preislichen Gründen aus. Als Folge der hohen Drehzahlen entwickeln Schraubenverdichter einen starken Lärm. Da die Anlage in der Nähe eines Wohngebietes steht, musste auf die Anwendung von solchen Verdichtern verzichtet werden. Gewählt wurden Rotations-Vielzellenverdichter, die sich in verschiedenen schweizerischen Gaswerken bewährt haben. Für den Betrieb wurden die gleichen Prinzipien wie für den Hochdruckkompressor angewendet.

#### 8.3.4 Druckreduzier- und Messstation Zürich

In der DRM-Station Zürich wird der Druck des von der Spaltanlage produzierten Gases vor der Einspeisung in die beiden HD-Kugelbehälter von 25 atu auf den maxi-

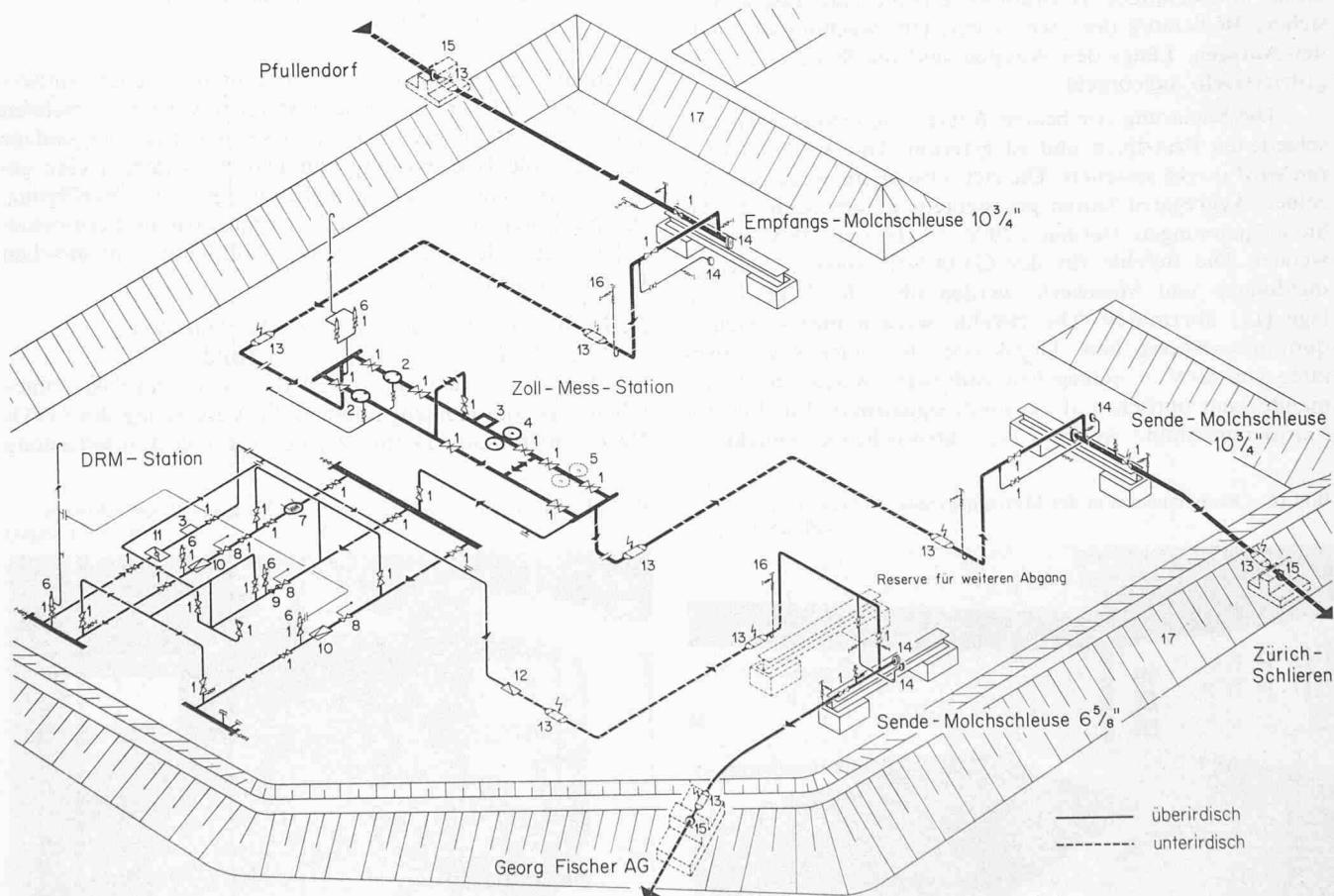
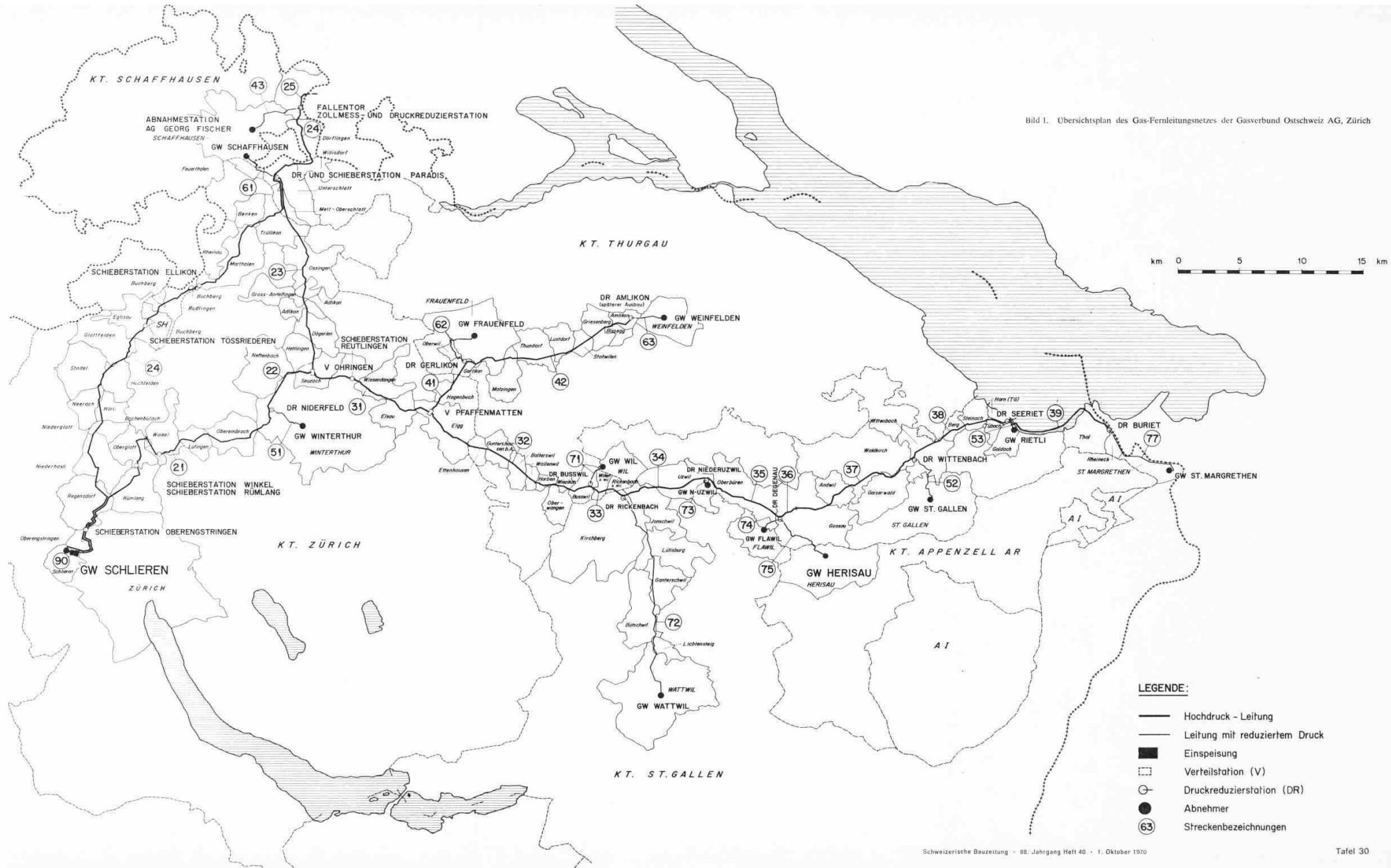


Bild 18. Zoll-Mess-Station Fallentor, Rohrleitungsschema

- |                         |  |                             |  |                               |
|-------------------------|--|-----------------------------|--|-------------------------------|
| 1 Kugelhähnen           | 5 Möglichkeit für Einbau des Eichzählers | 8 Sicherheits-Absperrventil | 12 Rückschlagkappe                     | 15 Ankerflansch mit Fundament |
| 2 Filter mit Entleerung | 6 Abblasventil                           | 9 Handregulierschieber      | 13 Isolierkupplung                     | 16 Entwässerungsstutzen       |
| 3 Mengenumwerter        | 7 Erdgasvorwärmer                        | 10 Druckregler              | 14 Anschluss für mobile Molchschleusen | 17 Sicherheitswall            |
| 4 Drehkolbenzähler      |  | 11 Quantometer              |  |                               |



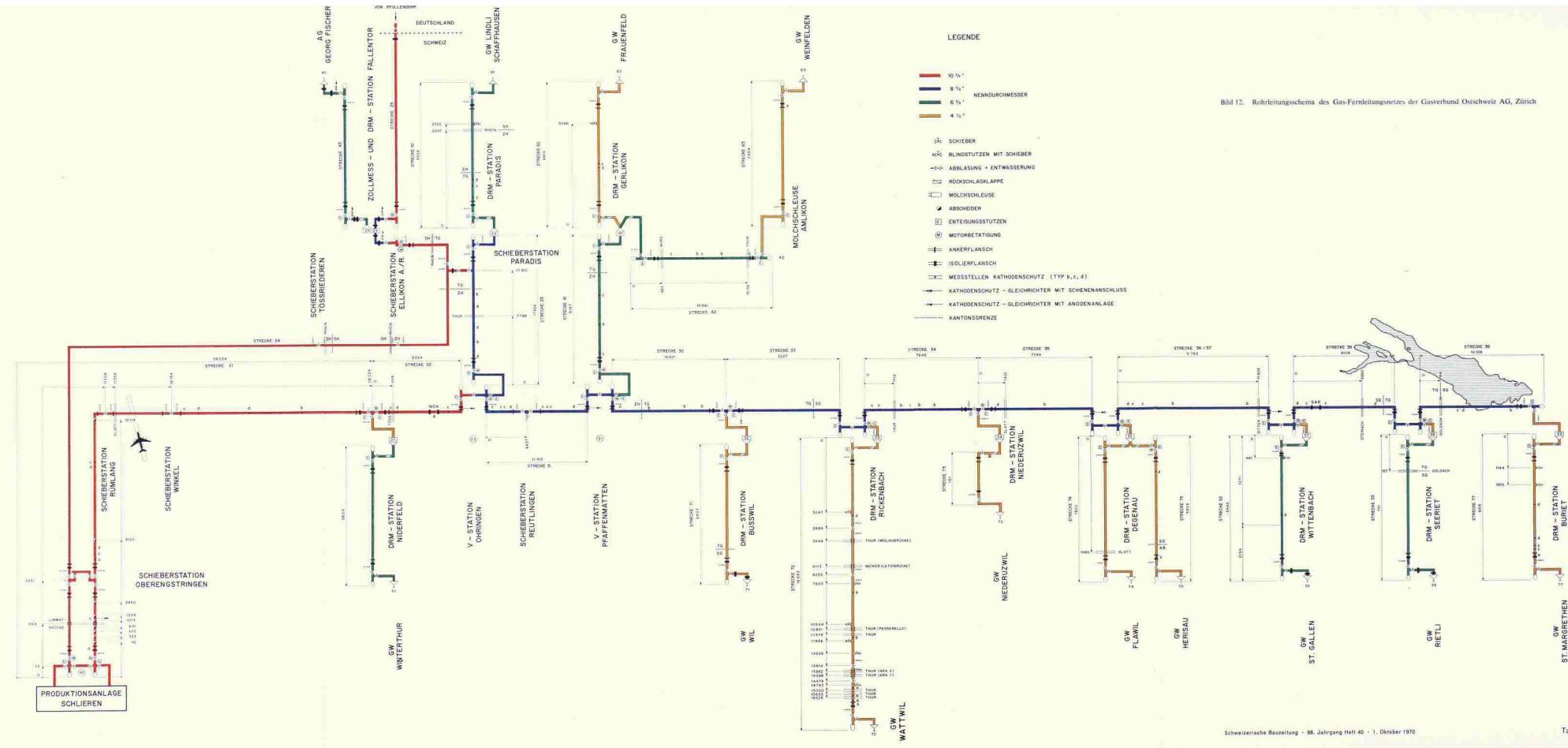


Bild 12. Röhreleitungsschema des Gas-Fernleitungsnetzes der Gasverband Ostschweiz AG, Zürich

malen Behälterdruck von 16,4 atü verringert. Gleichzeitig wird das Volumen des Spaltgases, welches die Stadt und Region Zürich beziehen, durch Drehkolbenzähler gemessen.

#### 8.3.5 Abnahmestationen Limmattal und Glattal

Die Einspeisung geschieht mittels zwei parallel geführter Leitungen von den HD-Behältern sowie zusätzlich einer Leitung von den ND-Gebläsen. In den beiden Schienen wird der variable Vordruck von maximal 16,4 atü bzw. der Ausgangsdruck der ND-Kompressoren auf die entsprechenden Leitungsstücke im Limmattal und Glattal vermindert.

#### 8.3.6 Entspannungsschiene Niederdruckbehälter

Die Entspannungsschiene wird ebenfalls durch zwei parallele Leitungen von den HD-Behältern gespiesen. Hier erfolgt eine Herabsetzung des variablen Vordruckes von maximal 16,4 atü auf den Nachdruck von rd. 400 mm WS.

#### 8.3.7 Abnahmestation Stadt Zürich

Diese Station tritt nur bei Teil- oder Totalausfall der Stadtgebläse in Funktion. Die Druckregulierschienen sind deshalb mit der gleichen, parallel geschalteten, programmgesteuerten Druckregulierung ausgerüstet wie die Stadtgebläse, welche im Normalbetrieb mit Kohlengas beschickt werden. Die Abnahmestation der Stadt Zürich kann also sowohl von den HD-Behältern wie von den drei ND-Kompressoren, welche normalerweise für die Region Zürich bestimmt sind, gespiesen werden. Der Nachdruck wird variabel gehalten.

### 9. Die Stationen [9]

Aus dem Rohrleitungsschema geht hervor, wo die einzelnen Stationen liegen und welche Hauptfunktionen ihnen zugeordnet sind. Im Gasfernnetz sind folgende Stationsarten vorhanden, siehe Bild 12 (auf Falttafel):

- Anlagen im Gaswerk Schlieren, welche im vorstehenden Abschnitt 8 beschrieben sind
- Druckreduzier- und Messstationen (DRM-Stationen)
- Zollmessstation (Teil der Station Fallentor)
- Verteilstationen (V-Stationen)
- Schieberstationen (S-Stationen)
- Abnahmestationen (A-Stationen) in den Gaswerkarealen der Partner.

Die Funktionen, welche für den Betrieb des Gasfernnetzes notwendig sind, werden nach Möglichkeit in diesen Stationen zusammengefasst. Es sind dies die Hauptelemente Druck- und Mengenregulierung sowie Absperrung. Im weiteren die Messung der Bezugsmengen, die Befeuchtung und Beölzung des Gases, die Filtrierung, die Überwachung und Anspeisung des Kathodenschutzes, die Molchschleusen, die Entwässerung und Enteisung usw.

#### 9.1 Die Zollmess- und Druckreduzierstation Fallentor

Am Beispiel der Zollmess- und Druckreduzierstation Fallentor (Bild 18) werden die einzelnen dort vorkommenden Elemente und Funktionen erläutert.

Das Erdgas aus dem Raum Pfullendorf kommt mit einer Leitung  $\phi 10\frac{3}{4}$ " zuerst in die Zollmessstation, wo

die Menge für die Zollerhebung festgestellt wird. Der Hauptteil des Erdgases geht direkt über eine weitere  $10\frac{3}{4}$ "-Leitung nach Zürich-Schlieren. Ein Abzweiger geht in die Druckreduzier- und Messstation. Hier wird der Druck von rund 38 atü auf rund 11,9 atü verringert. Ein Abgang dient der Versorgung der Industriebetriebe der Georg Fischer AG im Herblingertal; ein zweiter Abgang kann zusätzlich eingebaut werden, sei es für die Versorgung weiterer Industrien, sei es für Ortsversorgung.

Gemäss ihren Aufgaben gliedert sich die Station in die drei Hauptteile, die Aussenverrohrungen mit den Molchschleusen, die Zollmessstation und die Druckreduzier- und Messstation.

#### 9.1.1 Die Aussenverrohrungen

Schieber, Molchschleusen (Bild 19), Abbläser und Enteisungsstutzen sind oberirdisch angeordnet. Beim Ein- und Austritt abgehender und ankommender Leitungen in und aus dem Boden waren Verankerungen anzubringen, damit sowohl die durch Temperaturschwankungen im Boden auf die Rohrleitungen wirkenden Wärmespannungen als auch die durch den Innendruck verursachten Längskräfte kompensiert und eine dadurch bedingte Verschiebung oder Verdrehung der oberirdischen Leitungsteile vermieden werden konnte. Der Vorteil der oberirdischen Anordnung der Armaturen liegt in der besseren und einfacheren Wartung sowie einer zuverlässigen Kontrolle und billigeren Reparaturen der Absperrorgane.

Beim Eintritt sowie beim Austritt der Hauptleitung im Stationsareal kann diese durch einen Kugelhahn über Fernsteuerung abgesperrt werden. Hinter der Molchschleuse ist ein zweiter Kugelhahn angebracht, der jedoch von Hand betätigt werden muss. Vor und nach der Molchschleuse der Mitteldruckleitung ist ebenfalls je ein von Hand zu betätigender Kugelhahn angebracht. Die ferngesteuerten Absperrorgane in der Hauptleitung erfüllen die Funktion von Feuerschiebern. Am Anfang der Mitteldruckleitung wurde anstelle eines Feuerschiebers eine Rückschlagklappe eingesetzt, um im Schadenfall das Rückströmen von Gas zu verhindern.

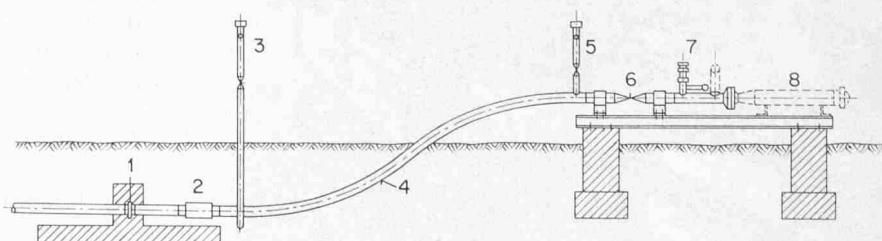
Da das ganze Netz kathodisch gegen Korrosion geschützt ist, sind an allen Ein- und Austrittsstellen der Rohre aus dem Boden Isolierkupplungen angebracht. Die damit isolierten oberirdischen Rohrleitungsteile sind an die zentrale Erdung der Station angeschlossen. Die unter Kathodenschutz stehenden unterirdischen Rohrleitungsteile sind über Kabel elektrisch verbunden, so dass das ganze Netz als durchgehender elektrischer Leiter betrachtet werden kann. Jede Isolierkupplung ist außerdem mit einer parallel geschalteten Funkenstrecke mit einer Ansprechspannung von mindestens 1,7 kV ausgerüstet, um sie vor äusserem oder innerem Überschlag bei plötzlichen Entladungen zu schützen.

#### 9.1.2 Die Zollmessstation

Alle Apparaturen der Station sind zu einer kompakten Einheit auf einem Grundrahmen aus Hohlprofilen zusammengeschlossen, um die Montage- und späteren Service-

Bild 19. Molchschleusen-Anschluss  $10\frac{3}{4}$ "

- 1 Ankerflansch
- 2 Isolierkupplung
- 3 Entwässerungsstutzen
- 4 Verstärkte Isolation
- 5 Abblasstutzen
- 6 Kugelhahn
- 7 Enteisungsstutzen mit Manometer
- 8 Mobile Molchschleuse



arbeiten zu erleichtern. Die Station besteht aus einem Eingangs- und einem Ausgangskollektor, einer Messschiene und einer By-Pass-Schiene mit zwei Querverbindungen.

Auf der Messschiene sind angebracht: Filter, Mengenumwerter, Zollzähler, Einbaumöglichkeit für den Eichzähler. Auch auf der By-Pass-Schiene ist ein Filter angebracht. Neun Absperrschieber ermöglichen die verschiedenen Gasführungen bei Revisionen, beim Eichen der Zähler usw.

Der Mengenumwerter ist notwendig, weil die Durchflussmessung in Betriebs- $m^3$ /Zeit geschieht, für die Verrechnung jedoch Normal- $m^3$  notwendig sind. Für die Zollabrechnung müssen die Volumenmessungen zusätzlich noch in Gewichte umgerechnet werden, wozu eine Dichtemesung nötig ist.

#### 9.1.3 Die Druckreduzier- und Messstation (Bild 20)

Diese Station besteht im wesentlichen aus einem Eingangs- und einem Ausgangskollektor, zwei Druckregulierschienen mit Absperrorganen und Messgeräten, Filter, Sicherheitsventilen, Druckregler, By-Pass mit Filter und Handregulierschieber, Sicherheitsabblaseventil und eine Messschiene mit Absperrorganen und Messgeräten, Messblende, Zähler, Mengenumwerter und Mengenregler. Auch hier sind alle Apparaturen der Station zu einer kompakten Einheit auf einem Grundrahmen zusammengeschlossen.

Sämtliche Stationen sind in bezug auf Bau, Anordnung und Apparate weitgehend typisiert. Dadurch wurde einerseits eine rasche Montage erlaubt, andererseits gestattet dieses System eine einfache und zweckmässige Wartung im Betrieb. Die eingebauten Apparate erlauben einen vom Kommandoraum Schlieren aus überwachten und ferngesteuerten Betrieb der Stationen.

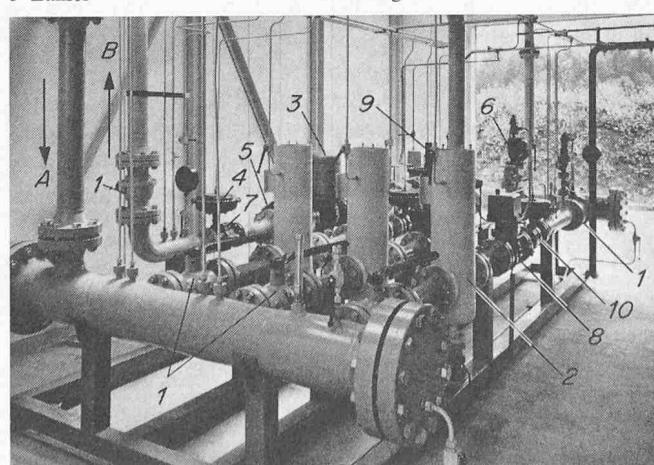
Bei der Einrichtung der Stationen wurde dem Problem der Lärmimmission grosse Beachtung geschenkt. Durch geeignete Leitungsführung und Einbau von wenig lärmintensiven Apparaten konnte ein relativ leises Arbeiten erreicht werden. Auf Grund der ersten Betriebserfahrungen kann festgestellt werden, dass die Druck- und Mengenregulierungen sehr präzis arbeiten.

### 10. Die Gaskonditionierungsanlagen [10]

Die bestehenden Gasnetze weisen vielfach noch Rohrverbindungen auf, welche mit Hanf in Stemm-Muffen oder

Bild 20. Druckreduzier- und Messstation Wittenbach  
A Hochdruck-Zuleitung, B Mitteldruckleitung zur Abnahmestation

1 Kugelhähnen	6 Abblasventil
2 Filter	7 Messblende für Mengenbegrenzung
3 Mengenumwerter	8 Sicherheits-Absperrventile
4 Mengenbegrenzung	9 Handregulierschieber
5 Zähler	10 Druckregler



mit Gummi gedichtet sind. Da die Erneuerung der alten Gasnetze nur schrittweise vor sich gehen kann, muss dem Übergang von Kohlengas auf das anders geartete Spaltgas oder Naturgas mit dem Einbau von Gaskonditionierungsanlagen Rechnung getragen werden.

Kohlengas ist weitgehend mit Wasserdampf gesättigt und enthält zudem 2 bis 3 % schwere Kohlenwasserstoffe (auch Benzol und teerartige Produkte). Im Gegensatz dazu ist Spaltgas trocken und frei von Benzol und Teer. Deshalb bewirkt Spaltgas eine Austrocknung der Hanfstricke und Gummidichtungen. Als Folge davon werden die Gasleitungen undicht, und die Gasverluste werden untragbar. Diese unliebsamen Erscheinungen lassen sich durch eine geeignete Konditionierung des Spalt- und Naturgases weitgehend vermeiden. Hingegen ist eine nachträgliche Dichtung von undicht gewordenen Netzen durch Konditionierung nur ausnahmsweise möglich. Neue Leitungen sollen in Zukunft auch in Ortsnetzen nur in geschweisster Bauweise erstellt werden.

#### 10.1 Funktionsprinzip

Für die Gaskonditionierung bestehen die folgenden Möglichkeiten:

1. Gegen das Austrocknen der Stemm-Muffen wird das Spaltgas befeuchtet, indem Wasser in einen vom Spaltgas durchströmten Raum (Spritzkessel oder Gasleitung) eingesprührt wird.
2. Dem Verspröden von Gummidichtungen und Gummischläuchen wird mit einer Beölzung des Spaltgases begegnet. Ein Teil des zu konditionierenden Spaltgases wird durch ein Ölgefäß geleitet. In diesem Druckgefäß wird ein geeignetes Öl auf 50 bis 70 °C erwärmt. Das Gas, welches über die warme Ölfläche streicht, nimmt die Öldämpfe auf. Dieser «beölte» Teilstrom mischt sich nun mit dem Spaltgas, welches im Spritzkessel mit Wasserdampf auf den gewünschten Sättigungsgrad gebracht worden ist. Das auf diese Weise erzielte Gasgemisch weist weitgehend die günstigen Eigenschaften des feuchten Kohlengases auf.
3. In alten geschweissten Leitungen würden sich als Folge des Austrocknens die verkrusteten Beläge ablösen. Diesem wird ebenfalls mit der Beölzung entgegengewirkt.

#### 10.2 Aufstellung und Typisierung

Die Konditionierungsanlagen sind möglichst in der Nähe der Verbraucherstelle anzusiedeln. Sie werden in den Stationen direkt am Niederdruckteil der Partnerabnahmestationen angeschlossen. Jeder Netzdruk erfordert seine eigene Befeuchtungseinheit. Gaskonditionierungsanlagen sind im GVO-Ferngasnetz wie in den verschiedenen Regionalnetzen des Gaswerkes der Stadt Zürich, welche alle mit Spaltgas beliefert werden können, vorzusehen. Die grosse Anzahl ruft nach einer Typisierung. Im ganzen sind 55 Anlagen installiert worden, nämlich:

- in den Abnahmestationen des Verbundnetzes sieben Einzel- und fünf Doppelanlagen mit 1500 bis 14 500 Nm<sup>3</sup>/h Spitzenleistung
- in Schlieren drei Anlagen mit 6000, 12 000 und 30 000 Nm<sup>3</sup>/h Spitzenleistung
- in den Regionalnetzen der Stadt Zürich 37 Befeuchtungs- und drei Beölungsanlagen mit 300 bzw. 1500 Nm<sup>3</sup>/h Spitzenleistung.

### 11. Der kathodische Korrosionsschutz der Rohrleitung [12]

#### 11.1 Das Prinzip des kathodischen Korrosionsschutzes

Der Hauptstrang des GVO-Netzes ist mit einer üblichen Bitumenumhüllung, die Zubringerleitungen sowie die

Bodenseeleitung sind mit einer Kunststoffumhüllung versehen. Beide Umhüllungen stellen bereits eine sehr widerstandsfähige Isolierung der Rohrleitung dar. Ein völlig sicherer Schutz gegen Korrosion kann durch diese passiven Schutzmassnahmen allein allerdings nicht erreicht werden. Kleine Fehlstellen in der Rohrumhüllung sind bei der Rohrverlegung und beim Arbeiten an der Leitung im Boden nicht vollständig zu vermeiden. An diesen Fehlstellen bildet der Erdboden mit dem Rohrmaterial ein Korrosionselement, an dem ein elektrochemischer Prozess abläuft, der mit einem Stromfluss verbunden ist. Dabei ist es von untergeordneter Bedeutung, ob der chemische Prozess primär und der Stromfluss die Folge ist oder ob einer erdverlegten Rohrleitung durch eine äussere Stromquelle (zum Beispiel Gleichstrombahnen) ein Strom aufgedrückt wird und der chemische Prozess die Folge ist. Durchgehend verschweisste Rohrleitungen sind wegen ihres niedrigen Längswiderstandes an den Fehlstellen besonders korrosionsgefährdet. Der Gleichstrom kann an den vorhandenen Fehlstellen der Rohrumhüllung mit hoher Stromdichte austreten.

Im kathodischen Schutz wurde nun ein Verfahren gefunden, das auch an diesen Fehlstellen der Umhüllung dem Rohr einen zuverlässigen Schutz verleiht. Das Prinzip des Verfahrens besteht darin, dem zu schützenden Rohr einen Gleichstrom zuzuführen, wobei dieser dem Korrosionsstrom entgegengerichtet ist. Der Korrosionsstrom wird durch den entgegengerichteten Schutzstrom kompensiert und damit der Korrosionsvorgang unterbunden. Der Schutzstrom wird durch mehrere Fremdstromquellen (Gleichrichteranlagen) erzeugt, welche zwischen die Rohrleitung und eine in der Erde verlegte Anode zu schalten sind. Die Rohrleitung (die Kathode) wird demnach auf ein gegenüber dem Erdboden negatives Potential gebracht. Nach den Richtlinien der Schweiz. Korrosionskommission muss die Leitung, um bei allen Bodenverhältnissen sicher geschützt zu sein, ein Schutspotential von  $-1,0$  V oder mehr aufweisen. Das Prinzip des kathodischen Schutzes ist schematisch in Bild 21 dargestellt.

## 11.2 Das Schutzprojekt

### 11.2.1 Die Ermittlung von Bodenaggressivität und Gleichstrombeeinflussung

Der spezifische elektrische Bodenwiderstand ist ein wichtiges Kriterium für die korrosionschemische Aggressivität des Erdbodens. Entlang des Leitungstrasses wurden daher vorerst Messungen des elektrischen Bodenwiderstandes durchgeführt. Diese ergaben entlang der Leitung durchwegs eine mässige bis schwache Bodenaggressivität. Die Beeinflussung der Rohrleitung durch Streustrome von Gleichstrombahnen wurde durch Messung und Registrierung des Schiene/Boden-Potentials bei Bahnstationen ermittelt. Die Rohrleitungen berühren drei deutliche Streustromeinflussgebiete von Gleichstrombahnen, nämlich in den Bereichen Zürich (Strassenbahn), Frauenfeld—Wil und Herisau—St. Gallen—Rorschach.

### 11.2.2 Die Auslegung und die Standorte der Schutzgleichrichter

Wegen der auf weiten Gebieten zu erwartenden Streustromeinflussung können die Rohr/Boden-Potentialwerte starken Schwankungen unterliegen. Aus diesem Grunde sind potentialgesteuerte Gleichrichter vorgesehen worden. Für die Schutzplanung wurde auf der bitumenumhüllten Rohrleitung mit einem maximalen Schutzstrombedarf von  $40 \mu\text{A}/\text{m}^2$  und auf der kunststoffumhüllten Leitung mit einem solchen von  $5 \mu\text{A}/\text{m}^2$  gerechnet. Damit ergab sich

eine erforderliche Anzahl von sechs Gleichrichtern; zur Erzielung einer gleichmässigen Verteilung des Schutspotentials über das gesamte Rohrleitungsnetz wurden sechs Schutzanlagen an nachfolgenden Standorten eingebaut: Zürich-Frankental, Verteilstation Ohringen, Verteilstation Pfaffenmatten, Druckreduzierstation Busswil, Druckreduzierstation Degenau, Druckreduzierstation Wittenbach.

Der Standort für die kathodische Schutzanlage in Zürich-Frankental ist durch die Lage des Strassenbahngleichrichters gegeben (Streustromgefährdung). Bei dieser Anlage handelt es sich um eine gerichtete Streustromabsaugung mit Verbindung des Anodenkabels zum Minuskabel des Bahngleichrichters. Die übrigen Anlagen sind mit erdverlegten Anoden aus Silizium-Eisen ausgerüstet.

### 11.2.3 Weitere Massnahmen für den kathodischen Schutz

Zur Begrenzung des kathodischen Schutzes sind an den Endpunkten der Leitungen sowie vor allen Druckreduzier- und Verteilstationen Isolierkupplungen in der Rohrleitung vorgesehen. Die durch Isolierverbindungen elektrisch aufgetrennten Leitungsstrecken werden über Kabel in Überbrückungsstellen elektrisch leitend miteinander verbunden. Diese dienen gleichzeitig als Potentialmessstellen und sind überdies so eingerichtet, dass erforderlichenfalls eine Potentialanpassung über Abgleichwiderstände erfolgen kann. Die Stahldrahtarmierung des neben der Rohrleitung verlegten kunststoffummantelten Fernmeldekabels wurde an den kathodischen Schutz angeschlossen, indem etwa alle 2 Kilometer zwischen Kabelarmierung und Rohr elektrisch leitende Querverbindungen eingebaut wurden.

### 11.2.4 Einrichtungen zur Überwachung des kathodischen Schutzes

Zur Messung des Rohr/Boden-Potentials, des Rohrstromes sowie des Widerstandes und der Spannung zwischen Leitung und Schutzrohren sind längs der Leitungstrasse im Durchschnitt alle 2 Kilometer Messstellen vorgesehen, ebenfalls bei allen Druckreduzier-, Verteil- und Abnahmestationen. Zudem kann an sämtlichen Isolierkupplungen auch der Widerstand der Isolierverbindung ermittelt werden.

## 11.3 Erste Betriebserfahrungen

Bisherige Messungen haben ergeben, dass für die Erzielung des kathodischen Schutzes ein gesamter Schutzstrom von etwa  $0,8$  bis  $1,0$  A genügt. Eine überschlägige Berechnung ergibt eine mittlere Schutzstromdichte von

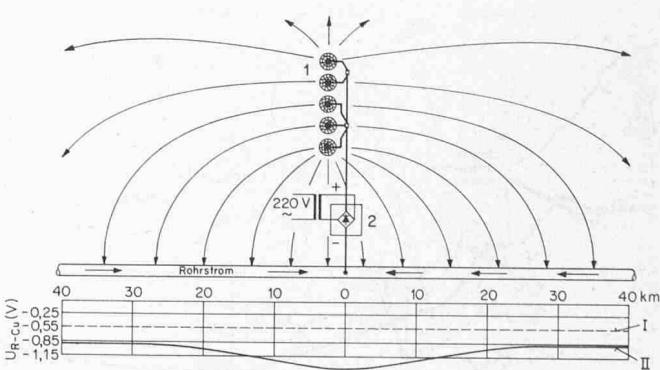


Bild 21. Schema der kathodischen Schutzanlage

(Werksbild Ruhrgas AG)

- I Ursprüngliches Rohr/Boden-Potential
- II Kathodisches Schutzpotential der Leitung
- 1 Fremdstromanoden in Kokseinbettung
- 2 Netzgespeiste Gleichrichteranlage

etwa  $7 \mu\text{A}/\text{m}^2$ . Auch unter Berücksichtigung, dass etwa 10 bis 15 % der zu schützenden Rohroberfläche eine Kunststoffumhüllung besitzt, dürfte auch für die bitumenumhüllten Leitungen die Schutzstromdichte noch unter  $10 \mu\text{A}/\text{m}^2$  liegen. Dieses Messergebnis lässt auf eine sorgfältige Leitungsverlegung und auf einen guten Zustand der Leitungsumhüllung schliessen.

## 12. Die Unterwasserpipeline im Bodensee [13]

Das Hochdruckverteilernetz der GVO erstreckt sich im Osten bis zur Druckreduzierstation Burriet bei der Mündung des Alten Rheins in den Bodensee. Über eine anschliessende Niederdruck-Leitung wird St. Margrethen mit Ferngas versorgt.

Die starke Siedlungsdichte in der Uferzone zwischen Goldach und Altenrhein, die topographisch und geologisch ungünstigen Verhältnisse eines Trasses über den Rorschacher Berg sowie unvermeidliche Kollisionen mit Projekten der öffentlichen Hand stellten sich einer normalen Verlegung der Gasleitung über Land entgegen. Eine Trassevariante unter Wasser in der Rorschacher Bucht liess wohl höhere Laufmeterkosten erwarten, erwies sich aber als kürzere Verbindung. Ausgeführt wurde schliesslich die Verlegung der GVO-Leitung auf dem Seegrund als wirtschaftlichere Lösung.

### 12.1 Die Linienführung auf dem Seegrund

#### 12.1.1 Anforderungen und Einschränkungen bei der Trassewahl

Neben den üblichen in der bundesrätlichen Verordnung vom 1. Juli 1966 enthaltenen Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen musste das Trasse der Unterwasserleitung im Bodensee noch verschiedenen anderen, sich zum Teil widersprechenden Anforderungen und Einschränkungen genügen. Bei der Trassewahl ging es somit darum, zwischen den beiden gegebenen Punkten Rietli und Rheinspitz diejenige Linienführung zu finden, welche alle Bedingungen bestmöglich berücksichtigt.

Eine geradlinige Leitungsführung hätte eine verlege-technisch einfach durchführbare Lösung dargestellt. Ein solches Trasse hätte außerdem den Vorteil geboten, die Gasleitung ausserhalb des Gefährdungsbereiches durch Schiffsanker und der bereits durch elf Wasser- bzw. Abwasserleitungen belegten Randzone der Rorschacher Bucht zu verlegen. Infolge der dabei entstehenden Verlegetiefen von 90 bis 100 m, welche jegliche Kontrollmöglichkeit während und nach der Verlegung sowie die Durchführung

von Reparaturarbeiten zur Behebung allfälliger Havarien stark erschwert hätten, wurde von dieser geradlinigen Leitungsführung abgesehen.

Da aus Sicherheitsgründen der Einsatz von Tauchern oder Froschmännern für Kontroll- und allfällige Reparaturarbeiten als unentbehrlich erachtet wurde, durfte die Leitung nicht tiefer als 30 bis 40 m unter dem Wasserspiegel verlaufen. Das Trasse wurde deshalb gegen das Seeufer entsprechend verschoben. Im Tiefenbereich zwischen 30 und 50 m liegen aber die Fassungen bzw. die Ausläufe der vorhandenen Wasserleitungen. Um die Gasleitung vor Korrosion durch Abwasser sowie die Wasserfassungen vor allfälligen Schäden durch das Verlegen der neuen Leitung zu schützen, musste das Trasse teilweise noch weiter gegen das Ufer gerückt werden. Stärkere Horizontalkrümmungen sowie vor allem nicht mehr zu vermeidende Kreuzungen mit den bereits vorhandenen Seeleitungen mussten damit in Kauf genommen werden. Eine solche Trasseverschiebung gegen das Ufer hätte ohne Übertretung der Sicherheitsvorschriften bis in unmittelbare Ufernähe erfolgen können. Um dem Schiffsankergrund auszuweichen, wurde jedoch die Leitung in grössere Tiefen verlegt. Als bestmögliche Lösung ergab sich somit die Verlegung der Gasleitung in einer Wassertiefe von rund 25 m.

#### 12.1.2 Die gewählte Linienführung

Wie in Bild 22 dargestellt, verlässt die Gasleitung das Ufer in Rietli in einem 220 m langen, zum Teil eingegrabenen Bogen und führt bis km 4,68 in einer mittleren Wassertiefe von 25 m dem 200 bis 250 m entfernten Seeufer entlang. Abgesehen von den Kreuzungen mit neun Fremdleitungen, liegt die GVO-Leitung in dieser sogenannten «Tiefstrecke» direkt auf dem schlammigen, schwach quergeneigten Seegrund.

In der anschliessenden Flachstrecke von 2,3 km Länge zwischen Staad und dem Rheinspitz wurde die Leitung zum Schutze gegen Verletzungen in einem rund 1,0 m tiefen Graben verlegt. Die Unterwasserpipeline durchquert schliesslich die Schilfzone und erreicht das Ufer bei Hüttenrin (6,98 km). In dieser Flachstrecke werden keine Fremdleitungen gekreuzt.

#### 12.2 Verlegevorgang

Die im Bodensee verlegte Gasleitung besteht aus nahtlosen Thyssen-Stahlrohren R St 38,7 mit einem Aussen-durchmesser von 219,1 mm und einer Wandstärke von rund 8 mm. Die Rohre sind mit einer 3,2 mm dicken Aussen-isolation aus Polyäthylen umhüllt. Das Laufmetergewicht

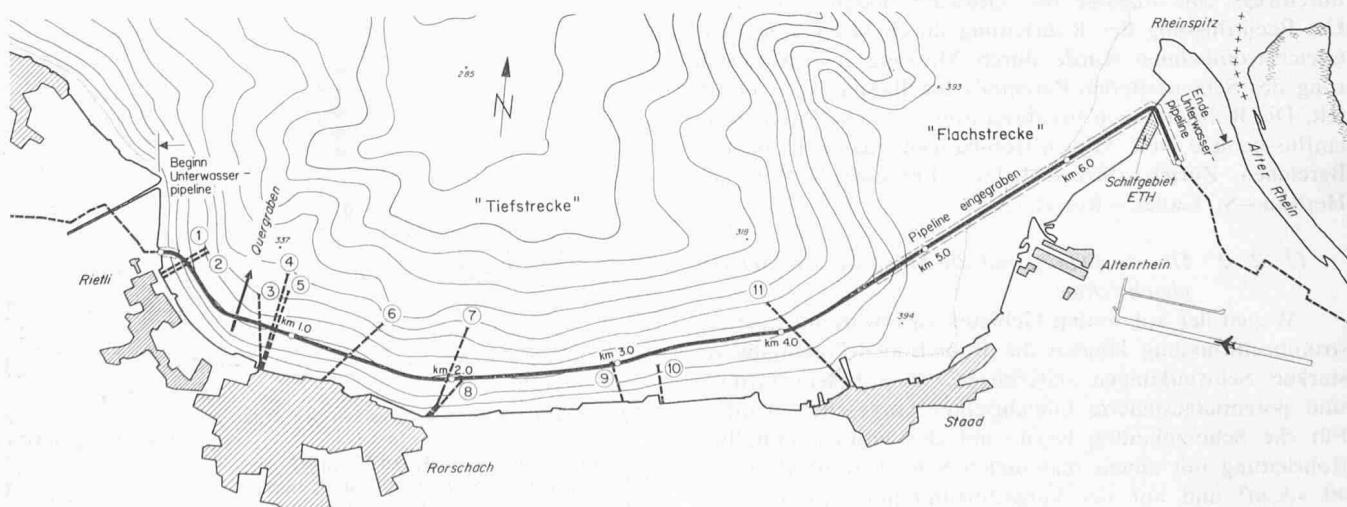
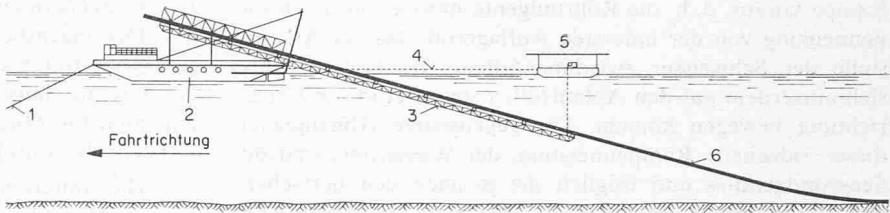


Bild 22. Trasseverlauf der Unterwasserpipeline des GVO im Bodensee mit Angabe der bestehenden Fremdleitungen 1 bis 11

Bild 24. Endlosverlegung. Schematische Darstellung der Einrichtungen

- 1 Befestigung am Vorausanker
- 2 Arbeitsschiff «Lukas»
- 3 Ablauframpe
- 4 Schlepptau
- 5 Schlepp-Ponton
- 6 Rohrleitung 8 $\frac{5}{8}$ "



der leeren Leitung beträgt rund 44 kg über Wasser und rund 4 kg unter Wasser.

Die Wandstärke der Stahlrohre wurde so gewählt, dass die Stahlspannungen infolge des maximalen Betriebsdruckes von 64 atü und der durch die Auflagerung verursachten Krümmungen noch ohne Überschreitung der zulässigen elastischen Werte aufgenommen werden. Das sich daraus ergebende Restgewicht der Leitung unter Wasser kann ohne zusätzlichen Ballast ein Abtreiben verhindern.

Bei der verwendeten Stahlqualität wird die Fließgrenze für eine Stahlspannung von 2500 kp/cm<sup>2</sup> (Garantiewert) bzw. 3000 kp/cm<sup>2</sup> (bleibende Dehnung: 2%) erreicht.

Die Verlegearbeiten im See wurden durch die Arbeitsgemeinschaft Locher & Cie AG, Zürich, Grün & Bilfinger AG, Freiburg i. Br., Kraftanlagen AG, Heidelberg, durchgeführt. Für die Unterwasserarbeiten wirkte eine Taucherequipe der Firma Paul Krähenmanns Erben AG, Gossau, mit.

Die Rohrleitungsverlegung wickelte sich von Rheinspitz gegen Rietli ab. Der Unterteilung des Unterwassertrasses in eine Flach- und in eine Tiefstrecke entsprechend, wurden zwei verschiedene Methoden, die *Strangverlegung* und die *Endlosverlegung* angewendet.

#### 12.2.1 Strangverlegung

In der Flachstrecke wurde die Gasleitung strangweise, d. h. in Abschnitten von rund 150 m Länge in einen 1,40 m tiefen, unter Wasser ausgebaggerten Graben verlegt. Die Rohrstränge wurden auf dem Installationsplatz bei Altenrhein zusammengeschweißt, über eine Abrollbahn ins Wasser hinausgefahren und dann mittels vier Pontons bis zur Verlegestelle eingeschwommen. Die Verbindungs-Schweißung mit dem bereits verlegten Rohrleitungsabschnitt erfolgte über Wasser auf einem grossen Zwillingsponton. Das Abhängen der Stränge von den Pontons sowie die Lagerungskontrolle der Leitung an der Grabensohle besorgte anschliessend ein Taucher. Der für den Grabenauhub verwendete schwimmende Eimerkettenbagger schüttete nach dem Einziehen des Steuerkabels den Längsgraben zu.

Von Vorteil war bei dieser Verlegemethode, dass die meisten Schweißnähte samt allen erforderlichen Kontrollen auf dem Installationsplatz an Land durchgeführt werden konnten. Die gewählte Methode wies aber den Nachteil auf, dass das Ausfahren der relativ langen Rohrstränge in den See bei Wind oder Wellengang nicht mehr möglich war. Immerhin konnte im Durchschnitt jeden zweiten Tag ein Strang von 150 m Länge verlegt werden.

#### 12.2.2 Endlosverlegung

In der Tiefstrecke wurde die Gaspipeline nicht mehr eingegraben, sondern durch eine 2 cm starke Holzverlattung gegen mechanische Beschädigungen der Außenisolation geschützt. Der dadurch entstehende Auftrieb wurde durch Betongewichte so ausgeglichen, dass das Restgewicht der Leitung unter Wasser den minimal erforderlichen Wert von 4 kg/m aufwies.

Da bei zunehmender Wassertiefe die Schwierigkeiten und der Aufwand einer «Strangverlegung» erheblich grös-

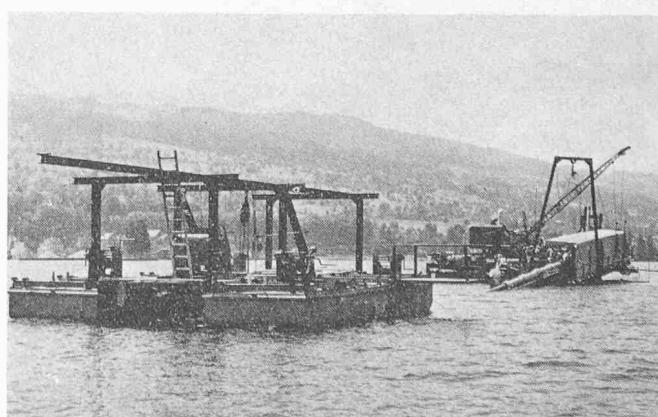
ser werden, musste für die Tiefstrecke ein anderes Verlegeverfahren gewählt werden. Bei der Endlosverlegungsmethode wurden die Leitungsrohre auf einer an einem Schiff angebrachten Rampe kontinuierlich aneinander geschweißt und über Ablaufrollen – durch Verholen des Schiffes mittels Ankerwinden – auf den Seegrund «endlos» abgesenkt.

Als Verlegeschiff konnte eine alte Bodenseefähre von 120 t, namens «Lukas», von der Firma Heidegger, Überlingen, gemietet werden (Bilder 23 und 24). Die rund 70 m lange, 20 t schwere Ablauframpe wurde seitlich an der «Lukas» angebracht und das untere Ende an einem mitgeschleppten Zwillingsponton angehängt. Die auf diesem Ponton installierte Winde erlaubte, die Rampensteigung den jeweils herrschenden Verhältnissen anzupassen.

Die einzelnen Rohre von rund 13 m Länge, welche bereits auf dem Installationsplatz an Land mit Holzplatten umhüllt worden waren, wurden auf dem Deck des Verlegeschiffes zwischengelagert. Ein Kran hob sie dann auf eine erste Arbeitsbühne am oberen Ende der Rampe, wo sie zusammengeschweißt wurden. Nach dem Verholen des Schiffes um rund 13 m gelangte die Nahtstelle zur zweiten Arbeitsbühne, auf welcher die Röntgen- und Ultraschallprüfung der Schweißnaht, die Nachisolierung sowie Verlattung vorgenommen wurden. Das Anbringen der Betongewichte erfolgte ebenfalls auf der Rampe. In einem auf der «Lukas» installierten Laboratorium wurden die Röntgenaufnahmen unverzüglich entwickelt und begutachtet, so dass der Verlegevorgang praktisch ohne Unterbruch fortgesetzt werden konnte. Das planmässige Absenken der Leitung wurde durch eine Taucherequipe laufend überwacht.

Bei dieser Verlegemethode treten – je nach der Wassertiefe, dem Längsgefälle des Seegrundes und der Rampensteigung – relativ grosse «freie» Spannweiten und somit auch hohe Stahlspannungen in der Rohrleitung auf. Ein normaler Fortgang der Schweiß-, Isolations- und Kontrollarbeiten auf der Ablauframpe sowie die beim Versenken der Leitung erforderliche Schonung der Rohrisolierung setzen ein biegungsfreies Aufliegen der Leitung auf der

Bild 23. Endlosverlegung. Verlegeschiff mit Ablauframpe und Arbeitsbühne (Photo Usegas)



Rampe voraus, d. h. die Rohrtangente musste mit der Rampe neigung von der untersten Auflagerrolle bis zur Arbeitsstelle der Schweisser zusammenfallen. Die Leitung muss sich ausserdem auf den Ablaufrollen stets frei in der Längsrichtung bewegen können. Die gegenseitige Abhängigkeit dieser «ideellen» Rampeneigung, der Wassertiefe und des Seegrundgefälles und folglich die je nach den herrschenden Verhältnissen einzustellende Neigung der Ablaufbahn wurden rechnerisch ermittelt.

Am Anfang der Verlegearbeiten in der Tiefstrecke erwies sich die aufgelockerte Bauweise der Verlegeeinrichtungen als sturmempfindlich. Wohl war das Schiff mit seinen sechs Winden stabil verankert; die Rampe und damit auch die Leitung wurden jedoch bei Wellengang stark hin und her bewegt. Durch konstruktive Verbesserungen der Rampenseitenführung und -befestigung am Schiff konnten diese anfänglichen Schwierigkeiten rasch behoben werden. Der ganze Verlegevorgang spielte sich mit der Zeit so gut ein, dass Spitzenleistungen von 14 Schweissnähten pro Tag, entsprechend einer Rohrleitungslänge von 180 m, erreicht werden konnten.

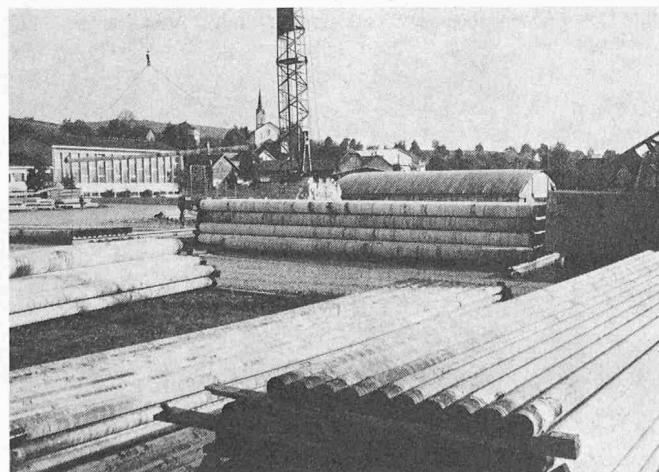
#### 12.2.3 Kabelverlegung

Die Verlegung des GVO-Steuerkabels wurde durch die Firma Cortaillod organisiert und ausgeführt. Der eigentliche Verlegevorgang erfolgte in zwei Etappen von je einem Tag. Anschliessend an die Rohrstrangverlegung in der Flachstrecke wurde das Kabel zuerst in den noch offenen Rohrleitungsgraben eingezogen. Dabei war die Kabelspule auf einem Deckschiff montiert. In der Tiefstrecke wurde ein geradliniges Kabeltrasse gewählt, welches vom Rohrleitungstrasse abweicht und maximale Verlegetiefen von rund 90 m erreicht.

#### 12.3 Kreuzung von Unterwasserleitungen und eines Quergrabens

Wie aus Bild 20 ersichtlich, mussten in der Tiefstrecke neun von den elf in der Rorschacher Bucht vorhandenen Stichleitungen sowie ein stark eingeschnittener Quergraben gekreuzt werden. Für die Leitungskreuzungen waren besondere konstruktive Vorkehren zu treffen, um eine gegenseitige Beeinträchtigung der Leitungen zu verhindern. Im Quergraben, der rund 140 m breit und rund 10 m tief ist, wurde ein Kiesdamm geschüttet, auf welchen die Leitung gelegt wurde. Diese konnte sich dadurch elastisch dem Untergrund anpassen, ohne Überschreiten der zulässigen Radien und somit der zulässigen Spannungen.

Bild 25. Bettwiesen. Zentrales Rohr-Auslieferungslager  
(Photo Aug. Holenstein)



#### 12.4 Schlussbemerkungen

Der eigentliche Rohrleitungsbau im Bodensee spielte sich vom Juli bis Ende Oktober 1968 ab. Die Erstellung der Uferanschlüsse und die Fertigstellungsarbeiten dauerten noch bis Mitte Januar 1969. Anschliessend wurde die Druckprobe durchgeführt.

Die durchschnittliche, in einem Arbeitstag verlegte Leitungslänge betrug rund 85 m. In Anbetracht der beiden notwendig gewordenen, verschiedenen Verlegemethoden sowie der ungünstigen Witterungsverhältnisse im Sommer 1968 ist die erreichte Leistung beachtenswert. Dass ausserdem die geleistete Arbeit auch den gestellten Qualitätsanforderungen entsprochen hat, erwies sich anlässlich der Druckprobe und des Anschlusses an kathodischen Schutzstrom.

#### 13. Gesichtspunkte der Bauausführung [14]

Im Jahre 1968 waren innert neun Monaten 206 km Rohrleitungen zu verlegen. Diese Tatsache zeigt den Umfang einer für die Schweiz ungewöhnlichen Bauaufgabe. Nur dank dem guten Willen und dem grossen Einsatz aller Beteiligten war ein kontinuierlicher Arbeitsablauf möglich.

##### 13.1 Lieferung der Rohre und Isolation

Die Bestellung der Rohre erfolgte durch die Bauherrschaft. Für die Lieferung, Isolierung und den Umschlag wurde ein zentraler Lagerplatz in Bettwiesen (Bild 25) geschaffen. Hier hatte das Isolierwerk die Bitumenisolierung der Rohre zu erstellen. Ausserdem waren die bereits vom Röhrenwerk mit einer Kunstharzisolierung versehenen Rohre umzuschlagen. Die Anlage eines einzigen Lagerplatzes erwies sich als günstiger, weil das Verladen der bis 16 m langen Rohrteile aufwendige Hebemittel erforderte. Da eine Koordination der Lagerhaltung mit dem Baustellenbedarf schwierig war und verschiedene Rohrtypen bereitzuhalten waren, musste ein ausgedehnter Lagerplatz geschaffen werden, nämlich für 98 km Rohre (= 45 % des gesamten Netzes).

Die Bitumenisolierung bestand aus den folgenden Arbeitsgängen: Sandstrahlen der Oberfläche, Anbringen eines Haftprimers, Anbringen der Bitumenlage, bitumengetränktes Glasfaserbandage (für verstärkte Isolation zwei Lagen), bitumengetränktes, glasfaser verstärktes Asbestbandage, Wärmeschutz mit Kalkmilch.

##### 13.2 Baulose und Arbeitskolonnen

Die gesamte Strecke wurde in drei Baulose unterteilt, in welchen auch die Bodenseeverlegung enthalten war. Damit auf den Landstrecken ein flüssiger Arbeitsablauf erreicht werden konnte, wurden für die Ausführung elf Arbeitskolonnen eingesetzt. Deren Arbeitsfortschritte waren so aufeinander abzustimmen, dass Überschneidungen vermieden wurden. Im folgenden soll ein Überblick über die Aufgaben der einzelnen Equipen gegeben werden.

###### 1. Arbeitskolonne: Pistenräumung

Aufgabe: Vermessung, Übernahme und Versicherung der von den Vermessungsbüros abgesteckten Rohrachse, Abstecken des Baustreifens, Vermessung für das Biegen der Rohre. Humus abstoßen, Geländeausgleich, Sondieren von Fremdleitungen, Fällen von Bäumen, Umsetzen von Zäunen, Aufnahme des Zustandes der Wege.

Erfahrungen: Auf die Verhandlungen mit den betroffenen Grundeigentümern oder Pächtern persönlich wurde grosser Wert gelegt. Die Kolonne arbeitete schnell und musste oft gebremst werden.

## 2. Arbeitskolonne: Rohrausfuhr

Aufgabe: Bezug der Rohre im Rohrlager Bettwiesen. Transport zum Verwendungsort mittels Straßenfahrzeug, unter Umständen Zwischenlagerung. Umschlag auf geländegängiges Transportmittel und Lagerung der Rohre zur Endlosverschweissung auf Hölzern und Unterlagssäcken.

Erfahrungen: Nur geländegängige und mit Hebezeugen ausgerüstete Spezialfahrzeuge bewährten sich.

## 3. Arbeitskolonne: Rohrbiegung (Bild 26)

Aufgabe: Biegen der Rohre.

Erfahrungen: Das Biegen im Felde an den einzelnen Bogenpunkten mittels einer Biegemaschine ist dem Biegen an einem zentralen Platz vorzuziehen.

## 4. Arbeitskolonne: Schweißkolonne (Bild 27)

Aufgabe: Endloses Verschweissen der Rohre.

Erfahrungen: Es sind möglichst lange, zusammenhängende Stränge zu verbinden. In Feldwegen ist der Strang über Auslegegräben durchzuschweißen.

## 5. Arbeitskolonne: Nachisolierung

Aufgabe: Isolieren der Schweißnähte, Nachisolieren der Bogen, Prüfen und Reparieren der ganzen Rohrstrangisolierung.

Erfahrungen: Das Nachisolieren mittels Bitumenbinden wurde auf Grund von Versuchen nicht gestattet. Die Bitumenisolierung ist bedeutend empfindlicher als die Kunststoffisolierung.

## 6. Arbeitskolonne: Kleinkolonne

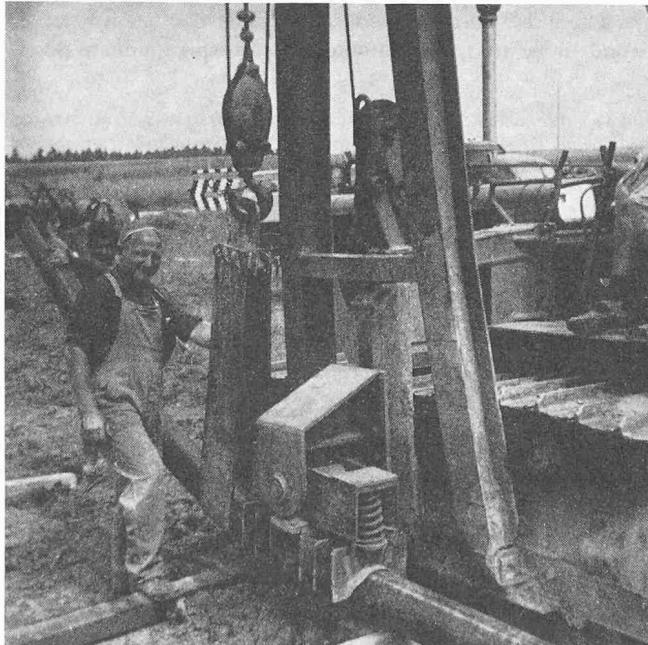
Aufgabe: Verlegen der Rohrleitung in Teilstrecken, in welchen die Hauptkolonnen nicht eingesetzt werden können oder stark behindert wären (zum Beispiel Straßenkreuzungen, Steilhänge, Düker, Schutzrohreinfädelungen, Waldschneisen).

Erfahrungen: Sämtliche Verlegearbeiten an erschweren Punkten sind vor der Strangverlegung auszuführen. Bei den angetroffenen Geländebedingungen sind drei Kleinkolonnen pro Hauptabsenkgruppe voll ausgelastet.

## 7. Arbeitskolonne: Absenkgruppe

Aufgabe: Grabenauhub (Bild 28) und Absenken der Rohre in den Graben (Bilder 29 und 30), endgültige Isolierung.

Bild 26. Biegen eines Rohres am Verlegeort. Ein Seitenbaumtraktor mit Biegeschuh ersetzt die Biegemaschine (Photo EWI)



tionskontrolle, Einmessen der Leitung und der Kreuzungsstellen mit Fremdleitungen.

Erfahrungen: Um das Risiko von Grabeneinstürzen möglichst zu verringern, sind die Rohre unmittelbar hinter den Aushubmaschinen abzusenken, was bei Verwendung einer Fräse sehr gut möglich ist. Diese hat gegenüber dem Einsatz von zwei bis drei Baggern mit Tieflöffeln den Nachteil, dass bei einem Defekt die ganze Kolonne stillsteht.

## 8. Arbeitskolonne: Einschweisskolonne

Aufgabe: Schweißen der Verbindungen im Graben mit bereits verlegten Rohren, Einschweißen von Bogen oder Schweißen bei Kreuzungen mit Fremdleitungen, welche nicht geschnitten werden können. Isolieren der Nähte.

Erfahrungen: Einschweißnähte sind innert 24 Stunden auszuführen und nach der Kontrolle sofort zu isolieren.

## 9. Arbeitskolonne: Kabelzug- und Einsandkolonne

Aufgabe: Kabelzug und Einsanden von Rohr und Kabel.

Erfahrungen: Ausführung unmittelbar anschliessend an die Rohrabsenkung. Wenn Schutzmassnahmen getroffen werden, kann das Kabel vor dem Ausführen der Einschweissungen verlegt werden.

## 10. Arbeitskolonne: Grabeneindeckkolonne (Bild 31)

Aufgabe: Wiederherstellen von Drainagen und Kanalisationssystemen, Unterbauen von Fremdleitungen, Warnbandverlegung, Eindecken des Grabens, Befahrbarmachungen von Feldwegen, Putzen von Ablaufschächten und Wassergräben, Versetzen von Messsockeln und Riechrohren.

## 11. Arbeitskolonne: Wiederherstellung

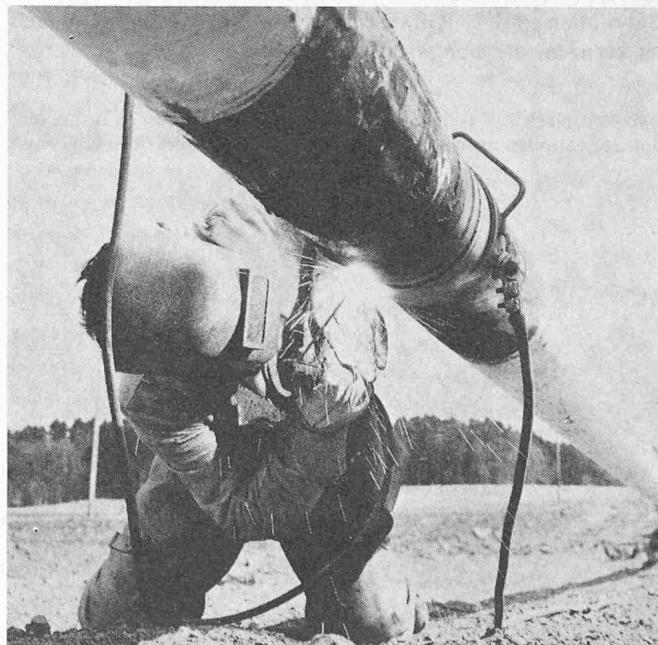
Aufgabe: Auflockern des Untergrundes, Anlegen von Humus, Erstellen von Zäunen; Instandstellen aller benutzten Straßen und Wege. Rückgabe des Trasses und der Wege an die Eigentümer.

Erfahrungen: Eine möglichst rasche Wiederherstellung wird von allen Grundeigentümern gewünscht und erleichtert die Rückgabe.

### 13.3 Arbeitsfortschritt

Im wesentlichen waren es drei Faktoren, welche den Arbeitsfortschritt beeinflussten: die topographischen Ver-

Bild 27. Schweißen der Rohre auf dem Felde (Photo Usegas)



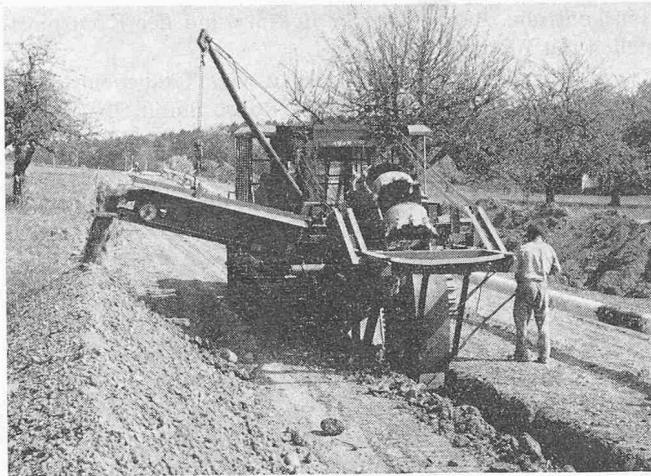


Bild 28. Grabenaushub mit Grabenbagger (Photo Usogas)

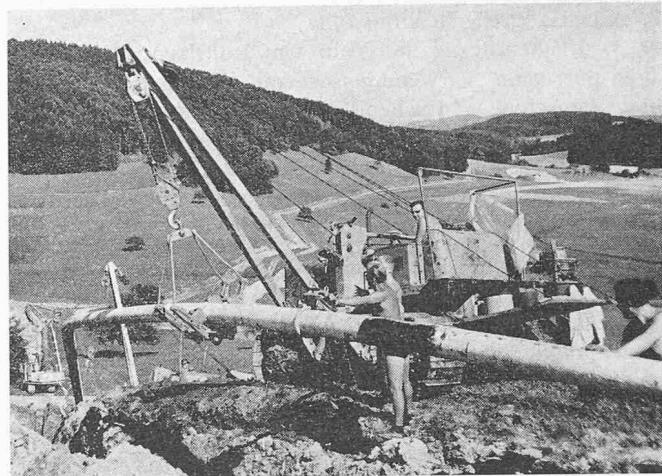


Bild 29. Isolationskontrolle der Leitung

hältnisse, die Baustellenorganisation sowie die Witterung und die gesperrten Parzellen.

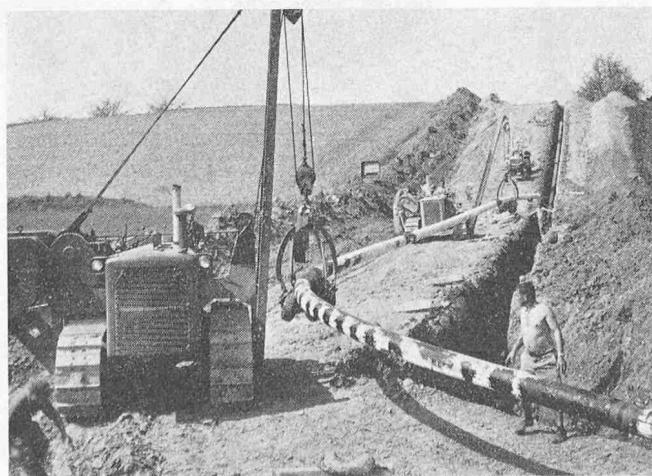
Obwohl fast ausschliesslich geländegängige Baumaschinen eingesetzt wurden, zeigte es sich, dass schwierige Geländeverhältnisse die Leistungen verminderten. Für die Organisation der Baustellen fielen die grossen Entfernung zwischen den einzelnen Arbeitsstellen erschwerend ins Gewicht. Diese wirkten sich besonders bei der Verschiebung von schweren Baumaschinen mit Raupenfahrwerk aus. Die trockene Witterung im Herbst 1968 war nach dem nassen Sommer willkommen.

Bild 32 zeigt eine graphische Darstellung der Arbeitsfortschritte. Auf der Strecke 72, Toggenburg, waren die Geländeverhältnisse schwierig. Diese verunmöglichen einen grossen Geräteeinsatz, weshalb Kleinkolonnen zum Zuge kamen. Im Gegensatz dazu erlaubte die Topographie der Strecke 23 den Einsatz einer Hauptkolonne. Die Betrachtung aller Strecken ergibt eine Tagesleistung von rund 1160 bis 1190 m Leitung. Dies war allerdings nur bei gleichzeitigem Einsatz auf bis zu zwölf Strecken möglich.

#### 13.4 Spezialobjekte

Auf der ganzen 206 km langen Strecke traten 3191 Kreuzungsstellen mit Bahnen, Strassen, Gewässern und Fremdleitungen auf, welche teilweise im Abschnitt 5.4 beschrieben sind. Neben 189 Strassen (ohne Flurwege), 24 Bahnlinien und 93 Gewässern waren 2885 Fremdleitungen zu kreuzen, die sich wie folgt verteilen:

Bild 30. Nach der Isolationskontrolle wird die verschweisste Leitung auf Spezialrollen an den Auslegern der Seitenbaumtraktore abgesenkt



Drainagen	1519
Wasser, Gas	461
Kanalisation $< \phi 50$ cm	531
Kanalisation $\geq \phi 50$ cm	47
Kabel	327

Hauptstrassen und sämtliche Streckengeleise der Bahnen wurden mit Schutzrohren von 30 bis 125 cm  $\phi$  gekreuzt. Bei den grösseren Durchmessern wurden Durchpressungen ausgeführt, wobei sich die Bohrungen  $\phi 50$  cm am besten bewährten. Bei kleineren Rohren ist eine Verlegung im offenen Graben vorzuziehen. Die Gewässer wurden durch die Anlage von Dükern, Stegen und Brücken gekreuzt wie im Abschnitt 5.4 erwähnt.

Parallel zum Rohrleitungsbau verlief die Erstellung der zwölf Druckreduzier- und Verteilstationen, neun Abnahmestationen und vier Schieberstationen.

#### 13.5 Überwachung und Qualitätskontrolle

Die geforderte hohe Qualität rief nach einer umfangreichen und systematisch durchgeföhrten Kontrolle. Diese umfasste: Schweißnähte, Druckproben (1,3facher Betriebsdruck als Minimaldruck), Isolation (Durchschlagsfestigkeit und Schichtstärke), Wiederherstellen der Fremdleitungen, Steuerkabel, Wiederinstandstellen von Strassen, Flurwegen, Wies- und Ackerland, Gewässer. Nähere Angaben über die Prüfung der Rohre im Felde enthält der Abschnitt 7.3.

Die einwandfreie Wiederherstellung der beanspruchten Grundstücke und das Einholen der entsprechenden Bestä-

Bild 31. Eindecken des Grabens mit einem Gradall-Bagger. An den Grabenwänden sind in rund 50 cm Tiefe die Warnbänder angebracht



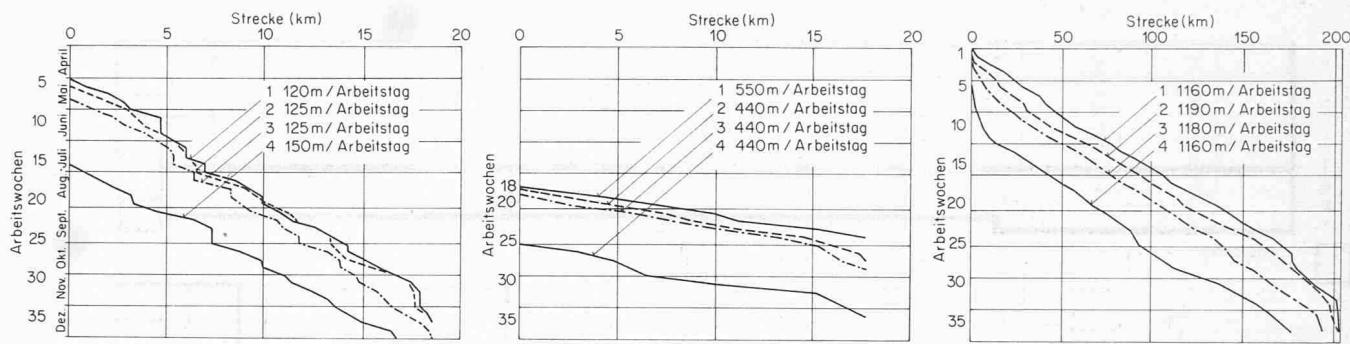


Bild 32. Diagramme der Arbeitsfortschritte. 1 Pistenvorbereitung, 2 Schweißen, 3 Absenken, 4 Wiederherstellen

Arbeitsfortschritt Strecke 72  
 $4\frac{1}{2}$ ", 18,6 km (Rickenbach—Wattwil)  
 Schwierige Geländeverhältnisse

- 1) Einschliesslich Parallelführung der Erdgasleitung
- 2) Ohne Bodenseeverlegung
- 3) Ohne Stadtgebiet St. Gallen

Arbeitsfortschritt Strecke 23  
 $8\frac{3}{8}$ ", 17,7 km (Öhringen—Paradies)  
 $10\frac{3}{4}$ ", 2,0 km (Schlatt—Paradies; Erdgas, gleichzeitig verlegt)  
 Geländeverhältnisse gestatten den Einsatz der Hauptkolonne

Arbeitsfortschritt gesamt auf allen Strecken  
 Verlegte Leitungslängen:  
 $10\frac{3}{4}$ ", 42,648 km<sup>1)</sup>  
 $8\frac{5}{8}$ ", 88,769 km<sup>2)</sup>  
 $6\frac{3}{8}$ ", 31,391 km  
 $4\frac{1}{2}$ ", 40,404 km<sup>3)</sup>  
 Gesamt 203,212 km

tigungen nahmen fast den selben Zeitraum in Anspruch wie die Bauarbeiten selbst.

### 13.6 Der Bau der Erdgasleitung Thayngen—Schlieren

Die Erfahrungen aus dem Bau der ersten 206 km Gasfernleitungen (1968/69) konnten für die Erdgasleitung Thayngen—Schlieren (1969/70) nutzbringend angewendet werden. Die Vorbereitungs- und Projektierungsarbeiten wurden vom gleichen Team durchgeführt und die Arbeiten konnten an Unternehmungen vergeben werden, die bereits mitgearbeitet hatten. Diese Umstände, wie auch das etwas vorteilhaftere Wetter, wirkten sich auf den reibungslosen Ablauf der Arbeiten günstig aus.

### 14. Schlussbemerkungen

Die Gasverbund Ostschweiz AG ist daran, ein leistungsfähiges Gasverteilernetz aufzubauen. Als erster Schritt wurde das 206 km lange Verbindungsnetz zwischen den zwölf GVO-Partnern gebaut. Dieses Netz steht heute in Betrieb und versorgt die Abnehmer mit Ferngas aus der Spaltanlage Schlieren. Als zweite Etappe wurde im September 1970 die Verbindung mit den Naturgaslagern Pfullendorf in Süddeutschland hergestellt. Weitere Etappen, vor allem für die Versorgung der Region Zürich, sind im Studium. Durch die in näherer Zukunft zu erwartende Umstellung des Gasverbrauches von Stadtgas auf Erdgas werden die beschriebenen Leitungsnetze nochmals eine deutliche Aufwertung erfahren.

Der Bau der Rohrleitungsanlagen stellt an alle Beteiligten, sei es der Bauherr, seien es Projektierende und Bauleitungsingenieure, wie auch an den Unternehmer grosse

Anforderungen. Technische Probleme, Zeitdruck, schwierige Verhandlungen mit unzähligen Instanzen zwingen das Projektierungsteam zur guten kameradschaftlichen Zusammenarbeit, ohne welche das Gelingen eines solchen Projektes zum vornherein in Frage gestellt wäre.

### Literaturverzeichnis

Hinweis auf die Sondernummer «Gas — Wasser — Abwasser» vom 30. Oktober 1969.

- [1] W. Pillmeier: Die Gasverbund Ostschweiz AG nimmt den Betrieb auf.
- [2] K. Saner: Die Gasverbund Ostschweiz AG auf dem Weg zur Erdgasversorgung.
- [3] G. J. Kolbuschewski: Die Produktionsanlagen der Gasverbund Ostschweiz AG.
- [4] H. Billeter: Allgemeine Aspekte der Projektierung und der Realisierung des Rohrleitungsnetzes der Gasverbund Ostschweiz AG.
- [5] G. Weber: Die Vorbereitung des Baues der Pipeline im Rahmen der Gesetzgebung; Erwerb der Durchleitungsrechte.
- [6] J. Hanemann, R. Schneeberger und W. Wild: Projektierung des Rohrleitungsnetzes.
- [7] G. Binder und J. Langhard: Die Anlagen im Maschinenhaus Schlieren.
- [8] H. Stratmann und H. Stoeri: Kugeldruckbehälter für die Speicherung von Stadtgas.
- [9] B. Baumgartner: Druckreduzier-, Mess- und Abnahmestationen.
- [10] M. A. Trechsel: Die Gaskonditionierungsanlagen.
- [11] J. Langhard: Die Fernwirk- und Betriebstelephonanlagen.
- [12] R. Leemann: Der kathodische Korrosionsschutz der Rohrleitung.
- [13] B. Allet und R. Egli: Die Unterwasserpipeline der Gasverbund Ostschweiz AG im Bodensee.
- [14] L. Kappeler: Gesichtspunkte der Bauleitung.

## Maschinenhaus Schlieren

Architekten Farner & Grunder, Zürich

Das neue Maschinenhaus in Schlieren (Bild 2) ist in einen Haupt- und Dienstrakt gegliedert. Der Hauptbau mit einer Länge von 77,60 m, einer Breite von 20,50 m und einer Höhe von 10,50 m über Boden besteht aus einem Kellergeschoss für die gesamte Leitungsführung und der darüberliegenden eigentlichen Maschinenhalle. Der westliche Gebäudeteil wurde als Gasteil ausgebildet und ist gasdicht abgeschlossen gegen den Maschinenteil, in welchem sich zwei diesel-elektrische Notstromgruppen von zusammen 3100 PS befinden, die bei Stromausfall automatisch anspringen.

Im dreigeschossigen Kopfbau, der an den Maschinenteil anschliesst, sind die Transformatoren- und Hochspannungsanlagen untergebracht.

Im dreigeschossigen Dienstrakt befinden sich Kommando- und Relaisraum, ein Gasprüflaboratorium, ein Büro sowie die Garderobe-, Aufenthalts- und WC-Anlagen. Bild 1 zeigt einen Schnitt durch das Maschinenhaus sowie dessen Grundriss und die Anordnung der Maschinen.

### Konstruktion

Der für die vorhandene Belastung ungenügende Baugrund wurde im Rütteldruckverfahren verdichtet, um eine genügend tragfähige Unterlage für die Fundamentplatte und die Maschinenfundamente zu erhalten. Das ganze Gebäude wurde so aus dem Grundwasser gehoben, dass auf eine Grundwasserisolation verzichtet werden konnte. Der Hallenboden befindet sich 2,50 m über Boden. Der Haupt-