

DIPLOMARBEIT

Master Thesis

Pipelinebau

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
einer Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. h. c. Hans Georg Jodl

und als verantwortlich, mitwirkender Assistent
Univ. Ass. Dipl.-Ing. Arthur Schönwälder

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen
Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement

von

Susanne Schandl
0625973

Herzgasse 18/23
1100 Wien

Wien, November 2014


Susanne Schandl

DANKSAGUNG

Eine Wissenschaftliche Arbeit stellt nie das Werk einer einzelnen Person dar. Deshalb möchte ich mich an dieser Stelle bei all denen Bedanken, die mir in den vergangenen Monaten mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Meinem Professor O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Dr. h. c. Hans Georg Jodl danke ich, da er aufgrund seiner anregenden Vorträge und Seminare mein Interesse für dieses Thema geweckt hat.

Weiters bin ich Univ. Ass. Dipl.-Ing. Arthur Schönwälder für seine vielfältigen und hilfreichen Anregungen bezüglich meiner Arbeit dankbar.

Abschließend möchte ich mich noch für das Mitwirken von ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH bedanken, die mir sowohl ihr technisches Know-how, als auch fachspezifische Unterlagen zur Verfügung gestellt hat.

In diesem Zusammenhang möchte ich besonders Frau Mag. Gabriele Richter, meinen Kollegen aus der Abteilung Pipelinebau Herrn Ing. Franz Steininger, Herrn Ing. Hans Kahlig und Herrn Dipl.-Ing. Peter Weisiele, dem Abteilungsleiter der Gruppe Pipelinebau Herrn Ing. Robert Wöber sowie dem Niederlassungsleiter der ILF Wien Herrn Dipl.-Ing. Daniel Weisiele für ihr Mitwirken danken.

Mein ganz spezieller Dank geht an Herrn Ing. Johannes Hauser, der mich mit seiner langjährigen Erfahrung und seinem breitgefächerten Wissen in der Fachdisziplin Pipelinebau bei meiner Arbeit unterstützt hat.

KURZFASSUNG

Der Energiebedarf unserer Gesellschaft unterliegt stetiger Zunahme. Sowohl derzeit als auch in naher Zukunft kann die wachsende Nachfrage nach Energie in Europa und das damit verbundene Bedürfnis einer gesicherten Energieversorgung nicht alleine mit erneuerbarer Energie aller Art befriedigt werden. Daher müssen die Kapazitäten der Transportleitungen sowohl für Mineralöl als auch Erdgas laufend weiter ausgebaut werden. Für den Transport stehen einerseits Fernleitungen, als auch Leitungen innerhalb der Verteilungsnetze von Städten und Gemeinden zur Verfügung.

Das Ziel der gegenständlichen Arbeit besteht darin, das Thema Pipelinebau in Bezug auf Planung, Bauabwicklung und Wirtschaftlichkeit der Leitung zu erläutern. Diesbezüglich muss man jedoch zwischen den zuvor genannten Fernleitungen und den Verteilungsnetzen differenzieren. Im Zuge dieser Arbeit wurde nur auf die Verfahren und Abläufe, sowie Besonderheiten des Fernleitungsbaus für den Transport von Mineralöl und Erdgas eingegangen.

Im ersten Teil der vorliegenden Ausarbeitung werden einige Fachbegriffe, sowie die wichtigsten Leitungen in Österreich vorgestellt.

Anschließend folgt die Beschreibung des Planungsablaufes, der schrittweise, inklusive aller dafür notwendigen Dokumente und Planunterlagen, erläutert wird. Eine Besonderheit des Pipelinebaus besteht darin, dass sich die Leitungen über weite Entfernungen erstrecken. Ein Großteil der Strecke befindet sich dabei meist auf fremden Grundstücken. Daher wird im Kapitel Planungsablauf auch ein kurzer Einblick in den Wegrechtserwerb sowie die behördlichen Verfahren gewährt.

Weiters folgt die Beschreibung des Bauablaufes, der in einem ersten Schritt für den Standardfall und anschließend für Sonderbauwerke, erläutert wird. Im Zuge dessen werden ebenfalls die beiden Themen Prüfverfahren sowie Korrosionsschutz gesondert beschrieben.

Zuletzt werden Wirtschaftlichkeitsüberlegungen sowohl in Bezug auf den Bau, als auch auf den Betrieb solcher Anlagen, dargestellt.

Zusammenfassend soll die vorliegende Arbeit einen vollständigen Überblick der technischen und wirtschaftlichen Abwicklung von Pipelinebauprojekten bieten.

ABSTRACT

The energy demand of our society is constantly increasing. At present and in the near future, it is not possible to meet the growing energy demand in Europe and to secure the energy supply required, solely by using renewable energy sources. This is the reason why the capacities of crude oil and natural gas pipelines need to be continuously developed. For the transport of oil and gas, use is made of transmission lines to cover long distances and of distribution networks to serve cities and communities.

The aim of this master's thesis is to discuss the topic of pipeline engineering focusing on the design and planning, the construction and the economic efficiency of pipelines. For this discussion, a distinction is to be made between the previously mentioned transmission lines and the distribution networks. This thesis concentrates on the procedures and processes as well as on the particularities involved in the construction of transmission lines for the transport of crude oil and natural gas.

In the first part of this paper, several technical terms as well as the most important pipeline systems in Austria are introduced. In the next part, the design and planning process is described, explaining the individual steps including all necessary documents and drawings. A particularity of pipeline engineering is that long distances are to be covered. The greater part of a pipeline tends to run through third-party premises. This is why the chapter on the design and planning process also provides a brief insight into right-of-way acquisition and authority procedures.

In the following chapter, the construction process is described, first explaining the process for standard structures and then the one for special structures. The topics of test methods and corrosion protection are described separately.

Finally, economic efficiency considerations are presented assessing both the construction and the operation of such systems.

In summary, this document is meant to provide a comprehensive overview of the technical and economic aspects involved in the implementation of pipeline engineering projects.

1 INHALTSVERZEICHNIS

1	Inhaltsverzeichnis	1
2	Begriffsbestimmungen	3
2.1	Rohrleitungsanlage.....	3
2.2	Rohrleitungsklasse.....	3
2.3	Nennweite DN	3
2.4	Nenndruck PN	3
2.5	Rohrleitungsschema (R&I-Schema).....	4
2.6	Rohrleitungsplan	5
2.7	Isometrie.....	6
2.8	Molchen.....	7
2.9	Offshore Leitungen.....	8
3	Pipelines Allgemein	9
3.1	Gaspipelines in Österreich	10
3.2	Ölpipelines in Österreich	12
4	Planung.....	13
4.1	Planungsablauf.....	13
4.2	Wegrechtserwerb und Behördenverfahren.....	18
4.2.1	Wegrechtserwerb.....	18
4.2.2	Behördenverfahren.....	21
4.3	Bestandteile / Technische Einrichtungen	23
4.3.1	Armaturen.....	23
4.3.2	Mess- und Steuerungseinrichtungen.....	28
4.3.3	Sonstige Technische Einrichtungen	29
4.3.4	Formstücke	31
4.3.5	Stationen.....	33
5	Bauablauf	37
5.1	Arbeitsschritte.....	38
5.1.1	Arbeitsvorbereitung und Baustelleneinrichtung	38
5.1.2	Herstellung des Arbeitsstreifens und Humusabtrag.....	40
5.1.3	Rohrausfuhr	42
5.1.4	Biegevermessung	42
5.1.5	Biegen von Rohren	43
5.1.6	Vorstrecken und Schweißen (Vorbau).....	44

5.1.7	Schweißnahtprüfung.....	49
5.1.8	Nahtumhüllung.....	49
5.1.9	Rohrgrabenherstellung	50
5.1.10	Absenken und Verbinden	54
5.1.11	Verfüllen des Rohrgrabens	55
5.1.12	Reinigung der Rohrleitung.....	57
5.1.13	Druckprüfung.....	58
5.1.14	Geometriemessmolchung	58
5.1.15	Leitungstrocknung.....	59
5.1.16	Wiederherstellung der Oberfläche und Rekultivierung	60
5.1.17	Dokumentation.....	61
5.2	Korrosionsschutz	62
5.2.1	Passiver Korrosionsschutz	64
5.2.2	Aktiver Korrosionsschutz	67
5.3	Prüfungen	71
5.3.1	Prüfung der Schweißnähte auf der Baustelle.....	71
5.3.2	Prüfung der Rohrumhüllung und Schweißnahtumhüllung auf der Baustelle....	72
5.3.3	Druck- und Dichtheitsprüfung der verlegten Rohre	75
5.4	Stationen.....	75
5.5	Sonderbaustellen.....	77
5.5.1	Kreuzen von Verkehrswegen.....	81
5.5.2	Kreuzen von Gewässern	83
5.5.3	Sonstige Sonderbaustellen	87
6	Wirtschaftlichkeit	90
6.1	Investitionskosten, Betriebskosten, Energiekosten	93
6.1.1	Investitionskosten	93
6.1.2	Betriebskosten und Energiekosten	94
7	Zusammenfassung.....	96
8	Abbildungsverzeichnis.....	97
9	Tabellenverzeichnis	99
10	Literaturverzeichnis.....	100

2 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Nachfolgend werden einige gängige Begriffe aus dem Pipelinebau erläutert.

2.1 ROHRLEITUNGSANLAGE

Gesamtheit aller Rohrleitungssysteme in einer Energie- oder Industrieanlage einschließlich zugehöriger Zwischentragwerkskonstruktionen, Zugänge, Abdeckungen, Durchführungen (Penetrierungen), Bedienungsbühnen, Dämmungen, Anstriche und Kennzeichnungen.¹

2.2 ROHRLEITUNGSKLASSE

Hierunter versteht man eine festgelegte Zuordnung aller Rohrleitungsteile, gegebenenfalls ergänzt um Armaturen und Rohrhalterungen, so dass für eine bestimmte Nennweite und Druckstufe eine eindeutige Ausführung hinsichtlich Abmessung, Werkstoff und weiterer Merkmale gegeben ist. Rohrklassen vereinfachen die datentechnische Bearbeitung von Stücklisten, da nur noch die Mengen zu ermitteln sind, während alle anderen Daten bereits feststehen. Sie sind auch zur CAD-Bearbeitung notwendig da ansonsten alle geometrischen Daten der Bauteile (Schenkellängen von Bögen, Baulängen, Stützenhöhen, Versatz, Flanschlängen, Dichtungsdicken) in ständiger Kleinarbeit zusammengesucht werden müssen.²

2.3 NENNWEITE DN³

Die Nennweite ist gemeinsam mit dem Nenndruck PN eine kennzeichnende Größe für zueinander passende Rohrleitungsteile. Sie hat keine Einheit, entspricht aber in ihrem Zahlenwert annähernd dem Innendurchmesser der Rohrleitung in mm.

2.4 NENNDRUCK PN⁴

Der Nenndruck ist gemeinsam mit der Nennweite eine kennzeichnende Größe für zueinander passende Rohrleitungsteile. Er hat keine Einheit, entspricht aber in seinem Zahlenwert dem Druck in bar bei Raumtemperatur.

¹ Vgl.[4]; S.2

² Vgl.[4]; S.9

³ Vgl.[4]; S.7

⁴ Vgl.[4]; S.7

2.5 ROHRLEITUNGSSCHEMA (R&I-SCHEMA)⁵

Das Rohrleitungsschema ist die schematische Darstellung der technischen Ausrüstung. Es umfasst je nach Erfordernis und Anlagengröße die Gesamtanlage, eine Teilanlage oder einzelne Rohrleitungssysteme. Die Schemata müssen den vollständigen Ausrüstungsumfang erfassen, da sie Grundlage für alle weiteren technischen Unterlagen sind.

Die Rohrleitungen und Armaturen müssen identifizierbar sein. Für Verfahrenstechnische Anlagen ist die Rohrleitung mit

- dem Werkstoff und der Ausführung, zum Beispiel durch Rohrleitungsnummer und Rohrklasse
- der Nennweite DN
- der Druckstufe, zum Beispiel dem Nenndruck PN
- der Instrumentierung

zu kennzeichnen.

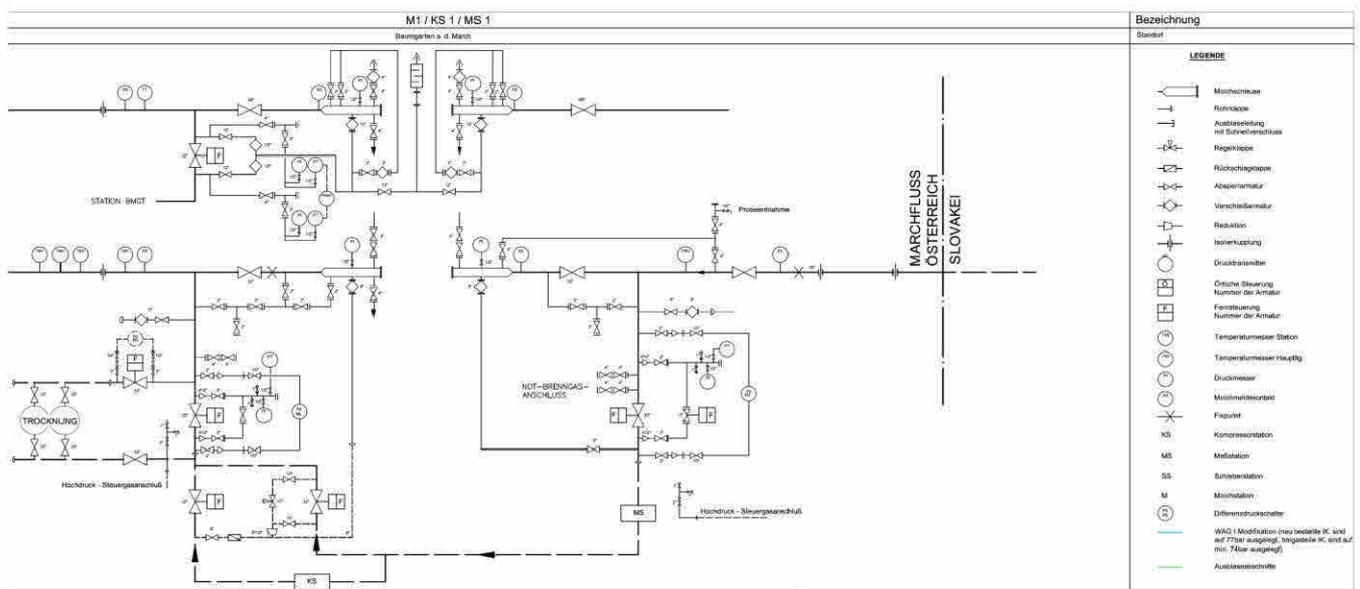


Abb. 2.1: Ausschnitt Fließschema⁶

⁵ Vgl.[4]; S.2-3

⁶ Quelle: Stefan Sedlmayer (ILF-Mitarbeiter)

Folgende Symbole werden üblicherweise verwendet:

	TANKMIXER		ENTLASTUNGSVENTIL
	GASTURBINENANTRIEB		ABSPERRORGAN
	PUMPE		RÜCKSCHLAGKLAPPE
	MOLCHMELDER		REGELVENTIL
	AUTOSELECTOR REGLER		ELEKTROMOTOR
	DICHTEMESSANLAGE		TANK
	ISOLIERFLANSCH		DURCHFLUSSMESSUNG
	DRUCKTRANSMITTER		BOOSTERPUMPE
	AN DAS FERNWIRKSYSTEM ANGEBOUNDEN		MOLCHSCHLEUSE
	TEMPERATURTRANSMITTER		ANLAGENGRENZE

Abb. 2.2: Symbole Fließschema

2.6 ROHRLEITUNGSPLAN⁷

Grundlage für den Rohrleitungsplan sind die Rohrleitungsschemata, Aufstellungspläne, Ausrüstungszeichnungen und Bauunterlagen. Er stellt die endgültige gestalterische Lösung dar und wird meist im Maßstab 1:50 erstellt. Leitungen ab DN 80 werden in 3 Linien, darunter in einer Linie dargestellt. Die Kennzeichnungen der Rohrleitungen und Armaturen sowie die Fließrichtungen müssen mit dem Rohrleitungsschema übereinstimmen.

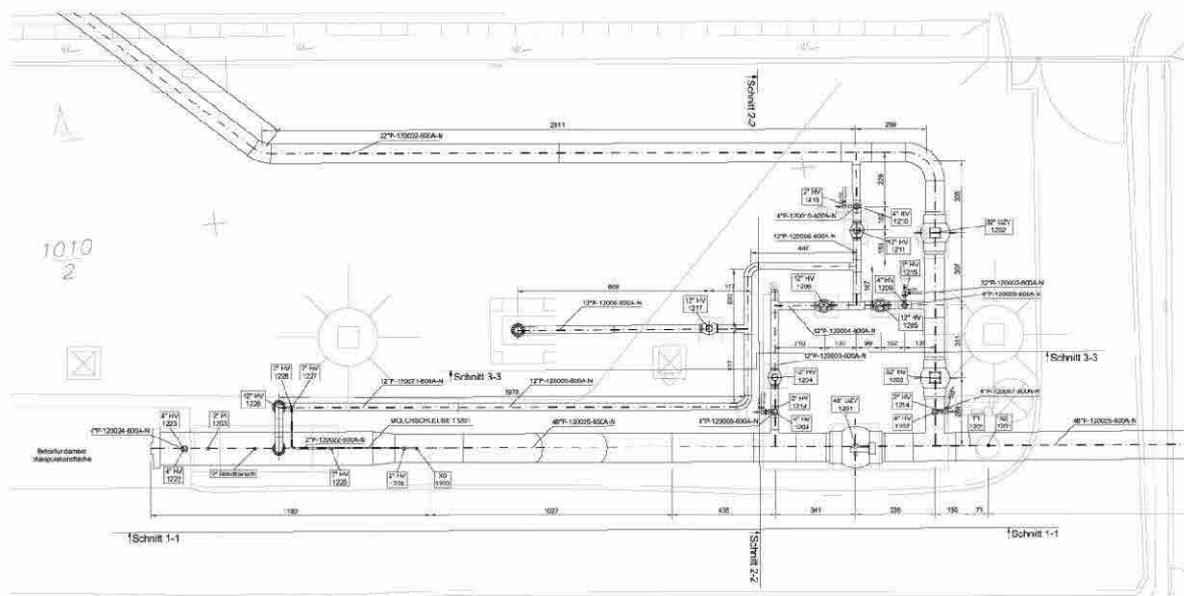


Abb. 2.3: Ausschnitt Rohrplan⁸

⁷ Vgl.[4]; S.5

⁸ Quelle: Susanne Schandl

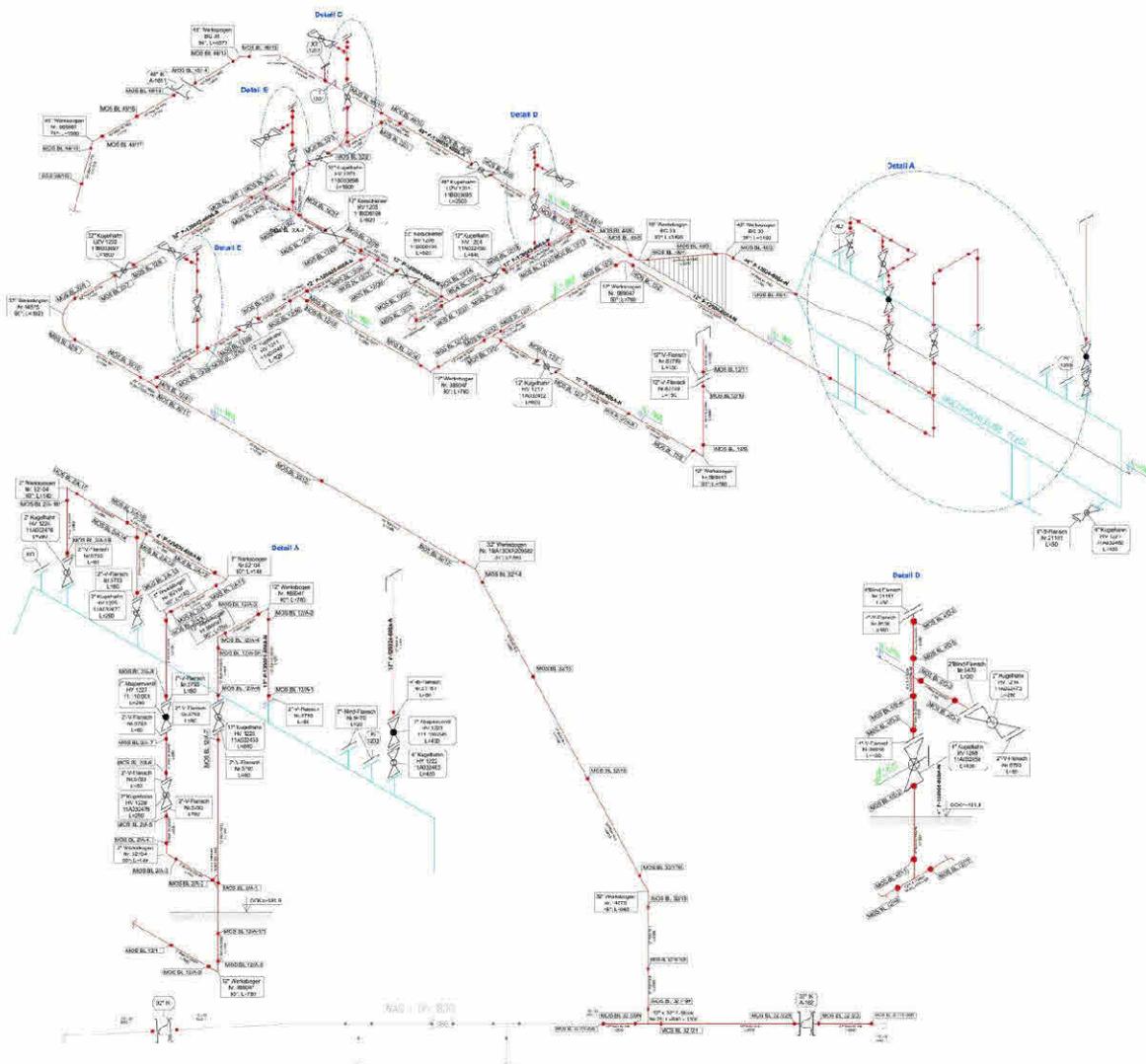
Falls keine Isometrien angefertigt werden, muss der Rohrleitungsplan alle für die Montage erforderlichen Angaben enthalten.

2.7 ISOMETRIE⁹

Sie ist die Darstellung eines Rohrleitungssystems, einer Rohrleitung oder eines Rohrleitungsabschnitts (in diesem Fall auch als Teilisometrie bezeichnet) mit bemaßtem Rohrleitungsverlauf in isometrischer Projektion. Die Zeichnungen sollten enthalten:

- Hauptabmessungen, Werkstoffe, Berechnungsparameter und zulässige Parameter
- Positionierung derjenigen Rohrleitungsteile, die ansonsten nicht eindeutig der Rohrleitungsstückliste zuordenbar sind;
- Montagemaße und Bemaßung der Rohrleitung in Bezug zum Bauwerk sowie im Falle einer Fertigungsisometrie auch alle für die Fertigung erforderlichen Maße und Angaben;
- Graphische Symbole der Rohrleitungshalterungen mit Zuordnung (Position) zum Rohrhalterungsverzeichnis
- Ort und Art der Ableitungen (Entwässerungen, Entleerungen, Ent- und Belüftungen, Kontrollstellen);
- Lage und Art der Stutzen für Druck- und Temperaturmessstellen sowie für Probeentnahmen;
- Lagegerechte Anordnung der Armaturen hinsichtlich Spindelstellung, Antriebsgestänge Flursäulen, Handräder und Bedienungselemente;
- Bühnen-, Decken- und Wanddurchführungen;
- Gefälle, Vorspannung, Fließrichtung
- Kennzeichnungen der Rohrleitungen, Armaturen und Messwertentnahmen;
- Koordinatensystem und erforderlichenfalls der Anlagenord (markante Richtung der Anlage in Bezug zur Nordrichtung)

⁹ Vgl.[4]; S.5-6

Abb. 2.4: Ausschnitt Isometrie¹⁰

2.8 MOLCHEN

Molchen ist das Durchschieben eines Passkörpers, der mit Hilfe von Gas oder einer Flüssigkeit durch die Rohrleitung gedrückt wird. Dieser Körper kann kugelförmig, länglich oder aus mehreren unterschiedlichen Einzelteilen zusammengesetzt sein und wird als Molch bezeichnet.¹¹

Molche gibt es in unzähligen Ausführungen, Größen und Materialien, abgestimmt auf die verschiedenen Einsatzzwecke. Vom einfachen Kugelmolch über den Reinigungsmolch, Trennmolch und Absperrmolch zum Prüf- und Inspektionmolch.¹²

¹⁰ Quelle: Anita Cosovic (ehemalige ILF-Mitarbeiterin)

¹¹ Vgl.[11]; S.3

¹² Vgl.[11]; S.4

2.9 OFFSHORE LEITUNGEN¹³

Als Offshore-Pipelines bezeichnet man Leitungen, die unter Wasser auf dem Meeresboden verlaufen. Beim Bau wird eine kontinuierliche Pipeline an Bord eines Spezialverlegeschiffes zusammengeschweißt, von wo aus sie in einem Bogen bis zum Grund des Meeres stetig abgesenkt wird. Als Auftriebssicherung erhält das Rohr eine Betonschicht die gegebenenfalls armiert wird (vorzugsweise mit einer Kunststoffarmierung oder Faserzement).

¹³ Vgl.[10]; S.580-585

3 PIPELINES ALLGEMEIN

Rohrleitungen stellen leistungsfähige und betriebssichere Transportmittel dar. Sie dienen der Beförderung unterschiedlichster Medien wie zum Beispiel Wasser, Gas, Mineralöl oder Fernwärme. Prinzipiell kann man im Rohrbau zwischen Fernleitungen, die den Transport von der Erzeugungs- oder Anlieferungsstelle zum Endverbraucher bewerkstelligen und den Verteilungsnetzen innerhalb von Städten und Gemeinden, die zur Abgabe kleinerer Mengen an viele verschiedenen Stellen notwendig sind, unterscheiden. Letzteres wird im Zuge dieser Arbeit nicht behandelt.

Der Vorteil von Fernleitungssystemen liegt darin, dass der Transport ohne störende Auswirkungen auf die Umwelt und unabhängig von den Witterungsbedingungen erfolgt.

Alternativ dazu kann Erdgas und Mineralöl mittels Straßenverkehr, spezieller Schiffe oder der Bahn verteilt werden.

Fernleitungen können aus verschiedenen Werkstoffen wie zum Beispiel Stahl, Gusseisen, Faserzement, Beton oder Kunststoffe hergestellt werden, wobei üblicherweise unlegierter Stahl als Rohrwerkstoff zur Anwendung kommt.

Bei den Ferngassystemen handelt es sich meist um Hochdruckleitungen mit Durchmessern von mindestens DN 100 und Drücken zwischen 10-100 bar, die abgesehen von wenigen Ausnahmen unterirdisch im Sandbett verlegt werden.

Ölleitungen werden in Europa und Nordamerika vorwiegend erdverlegt. In tropischen und subtropischen Gebieten sowie Arealen mit Dauerfrostboden erfolgt die Verlegung oberirdisch. Es werden dafür Stahlrohre mit Durchmesser DN 200-DN 1000 verwendet. Die Durchflussgeschwindigkeit beträgt in etwa 0,2-2 m/s.

Nachfolgend werden die Österreichischen Öl- und Gaspipelines näher vorgestellt.^{14,15,16}

¹⁴ Vgl.[2]; S.11-12; S.16

¹⁵ Vgl.[4]; S.195-198

¹⁶ Vgl.[11]; S.263

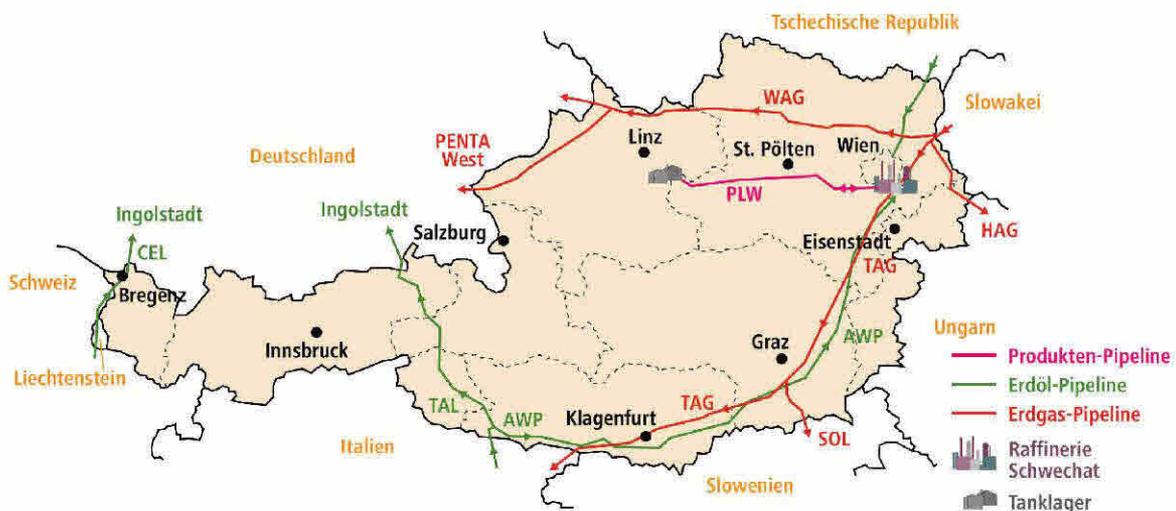


Abb. 3.1: Übersicht der österreichischen Öl- und Gaspipelines¹⁷

3.1 GASPIPELINES IN ÖSTERREICH^{18, 19, 20}

Die Erdgasdrehzscheibe Baumgarten stellt Österreichs größte Import- und Übernahmestelle für Erdgas dar. Es wird Erdgas hauptsächlich aus Russland und Norwegen übernommen und sowohl zu den österreichischen Verbrauchernetzen, als auch in andere Länder weitertransportiert. In Baumgarten sind insgesamt vier Einzelstationen angeordnet, die das eintreffende Gas übernehmen, messen, prüfen und anschließend für den Weitertransport verdichten.

Ausgehend von Baumgarten verlaufen folgende Gaspipelinesysteme durch Österreich:

- Trans-Austria-Gasleitung (TAG)
- West-Austria-Gasleitung (WAG)
- March-Baumgarten-Gasleitung (MAB)
- Hungaria-Austria-Gasleitung (HAG)

Weiters sind die Kittsee-Petrzalka-Gasleitung (KIP), die Penta-West-Gasleitung (PW) und die Süd-Ost-Leitung (SOL) zu nennen, die jedoch Abzweigleitungen darstellen und somit nicht direkt zur Station Baumgarten führen.

Alle vorgenannten Leitungen werden von der Gas Connect Austria GmbH, einem Tochterunternehmen der OMV Aktiengesellschaft betrieben und Instand gehalten.

Durch die Transit Pipelines wird Erdgas im Umfang von etwa 57 Mrd. Nm³ pro Jahr transportiert.

¹⁷ Vgl.[12]

¹⁸ Vgl.[15]

¹⁹ Vgl.[16]

²⁰ Vgl.[17]

In der nachfolgenden Tabelle werden die Gaspipelinesysteme inklusive einiger Eckdaten kurz zusammengefasst.

Gaspipelines							
	TAG	WAG	SOL	HAG	PW	KIP	MAB
Länge	3 Leitungen zu je 380 km = 1.140 km	245 km und 180 km = 425 Km	26 Km	45 km	95 km	4 km	2,5 km
Nenndurchmesser	DN 900 - DN 1200	DN 800, DN 1200	DN 500	DN 700	DN 700	DN 500	DN 500
In Betrieb seit	1974	1980	1978	1996	1999	2009	1997
Versorgung	Italien, Slowenien, Kroatien, Niederösterreich, Steiermark, Burgenland, Kärnten	Deutschland, Frankreich, Zentral-europa, Niederösterreich, Oberösterreich	Slowenien, Kroatien	Ungarn	Deutschland, Frankreich, Zentral-europa	Slowakei	Niederösterreich
Zusätzliche Informationen	Betrieb ist bidirektional möglich	Betrieb ist bidirektional möglich			Betrieb ist bidirektional möglich		

Tab. 3.1: Übersicht Gaspipelines^{21, 22, 23}

Das Erdgas muss für den Transport auf einen Überdruck von 84 bar gebracht werden. Dies geschieht mittels Kompressoren in so genannten Verdichterstationen. Neben der Hauptstation in Baumgarten, sind entlang des österreichischen Pipelinenetzes noch sieben weitere Verdichterstationen angeordnet, die nachfolgend tabellarisch vorgestellt werden.

Verdichterstationen								
	Baumgarten	Eggendorf	Grafendorf	Kirchberg	Rainbach	Ruden	Weitendorf	Neustift / Oberkappel
Standort	2295 Baumgarten an der March (NÖ)	2429 Eggendorf (NÖ)	8232 Grafendorf (Stmk)	3470 Kirchberg / Wagram (NÖ)	4261 Rainbach (OÖ)	9113 Ruden (Ktn)	8410 Weitendorf (Stmk)	4144 Oberkappel (OÖ)
Pipelinesysteme	TAG, WAG, PVS	TAG	TAG	WAG	WAG	TAG	TAG	Penta West
In Betrieb seit	1959	2008	1976	2008	2008	1976	2009	2011
Zusätzliche Informationen	Österreichs größte Import- und Übernahme stelle für Erdgas						Seit 2011 inklusive Abwärmanutzungsanlage	

Tab. 3.2: Übersicht Verdichterstationen²⁴

²¹ Vgl.[15]

²² Vgl.[16]

²³ Vgl.[17]

²⁴ Vgl.[17]

3.2 ÖLPIPELINES IN ÖSTERREICH^{25,26}

Die Geschichte der Österreichischen Ölpipeline begann mit dem Ziel eine weitere Energie-nachschubquelle für Süddeutschland zu errichten. Dieses Vorhaben sollte durch eine Pipeline, welche ausgehend von Genua über Italien bis Ingolstadt verlaufen sollte, realisiert werden. Die zukünftige Energieversorgung sollte somit durch die neu errichtete Central European Line (CEL) sichergestellt werden.

Die Fertigstellung der Pipeline erfolgte 1966, jedoch wurde sie bereits im Jahr 1997 auf Grund von Umweltproblemen und hohen Sanierungskosten stillgelegt. Aktuell wurde die CEL von Schweizer und Deutschen Unternehmen übernommen und als Gaspipeline eingesetzt.

Parallel zum Bau der CEL begann die Planung der Transalpinen Ölpipeline (TAL.) Als Ausgangspunkt für die Leitung wurde der Hafen in Triest gewählt, da dort, einerseits aufgrund der topographischen Gegebenheiten auch große Tankschiffe anlegen können und andererseits um die Transportwege für Tanker aus Afrika und Arabien zu verkürzen.

Sie wurde 1967 in Betrieb genommen und verläuft mit einer Gesamtlänge von 753 km von Triest in Italien, über Österreich bis Ingolstadt in Deutschland, wo sie sich auf zwei Trassen aufteilt. Eine verläuft nach Westen und endet in Karlsruhe und die zweite führt nach Osten und endet in Neustadt an der Donau.

Entlang des 160 km langen Pipeline-Abschnittes in Österreich, zweigt die TAL in die Adria Wien Pipeline (AWP) ab, welche für die Versorgung der Raffinerie in Schwechat verantwortlich ist.

²⁵ Vgl.[18]

²⁶ Vgl.[19]

4 PLANUNG

Die Planung läuft in folgenden Schritten ab:

- Wirtschaftlichkeitsuntersuchung
- Projektierung
- Grobtrassierung
- Feintrassierung
- Vermessung und Trassenpläne
- Wegerechtserwerb
- Ausschreibungsplanung
- Detailplanung

4.1 PLANUNGSABLAUF^{27,28}

Ausgehend von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wird der optimale Durchmesser der Pipeline aus einer Analyse der Betriebs- und Investitionskosten ermittelt. Anschließend werden im Zuge der Projektierung der Anfangs- und Endpunkt der geplanten Trasse, sowie der Betriebsdruck und der Rohrdurchmesser festgelegt. Aus diesen Eingangsparametern ergeben sich dann sowohl der Platzbedarf während des Bauablaufes (Arbeitsstreifenbreite), als auch die Geometrie der Rohrachse in Bezug auf Richtungsänderungen (Biegeradien).

Die Grobtrassierung dient der Ermittlung einer Idealtrasse unter Berücksichtigung der zuvor genannten Parameter. Diese Grobtrassierung sollte möglichst linear zwischen geplantem Anfangs- und Endpunkt verlaufen, da jede Richtungsänderung, welche in Form von Bögen und Formstücken bewerkstelligt wird, einen Mehraufwand und somit Mehrkosten darstellen. Dabei werden bereits mögliche Hindernisse wie zum Beispiel Verkehrswege, Fremdleitungen, Ballungsräume, Gebirgszüge, Seen, Wasserläufe, Topographie oder Sonderbauwerke berücksichtigt. Wenn möglich sollte eine Bündelung zur Infrastruktur angestrebt werden. Das bedeutet, dass die neue Trasse parallel zu Verkehrswegen oder Energietrassen verlegt wird. Eine solche Maßnahme bietet zwar keine bautechnischen Vorteile, jedoch wird dadurch aus Sicht der Landesplanung eine Reduktion des Landschaftsverbrauches erreicht.

²⁷ Vgl.[3]; S.85-115

²⁸ Vgl.[11]; S.102-132; S.181-201

Im Anschluss erfolgt die Besichtigung der möglichen Trasse auf generelle Durchführbarkeit. Diese kann zu Fuß, mit dem Auto oder per Hubschrauber erfolgen. Aufgrund der zusätzlich gewonnenen Erkenntnisse durch die Besichtigung, wird die Idealtrasse überarbeitet und mögliche Varianten ausgearbeitet. Als Grundlage dienen hierfür Bestandskarten des Geländes im Maßstab 1:50.000 oder 1:25.000, Luftbilder im Maßstab 1:5.000 sowie eventuell vorhandener Bestandstrassenpläne.

Die möglichen Leitungstrassen werden dann nicht nur hinsichtlich der Linienführung, sondern auch aufgrund wirtschaftlicher Kriterien beurteilt und miteinander verglichen. Berücksichtigt werden in dieser Planungsphase speziell

- Bodenverhältnisse
- Zugänglichkeit der Trasse
- Eventuelle Natur- und Wasserschutzgebiete
- Sonderbauwerke wie Kreuzungen und Tunnel

Nach der Auswahl der technisch und wirtschaftlich günstigsten Trasse und in Abstimmung mit dem Bauherrn sowie der zuständigen Landwirtschaftskammer, werden die Übersichtspläne gefertigt, welche Grundlage für die anschließende Vermessung darstellen. Hier werden die Topographie im Bereich der Trasse, vorhandene Fremdleitungen und größere Hindernisse erfasst. Aufgrund dieser zusätzlichen Informationen erfolgt die Erstellung des Trassenentwurfes als Grundlage für den Wegrechtserwerb; das sogenannte Frozen Design.

Hier werden die Zwangspunkte (Kreuzungsstellen) der Grobtrasse detaillierter untersucht, ein weiteres Mal mit dem Auftraggeber, dem Betrieb, sowie den zuständigen Behörden besichtigt und spezielle Lösungen dafür ausgearbeitet.

Im Zuge dessen werden die Trasse sowie die Stationsflächen im Projektgebiet gemeinsam festgelegt und für das anschließende Wegerechtsverfahren freigegeben. Das Verfahren bezüglich des Wegrechtserwerbs wird im nachfolgenden Kapitel 4.2 detailliert beschrieben. Nach Einigung mit allen Grundstückseigentümern wird die endgültig festgelegte Trasse durch Setzen von Winkelpunkten in der Natur markiert.

Da die vorhandenen Pläne der bestehenden Situation bezüglich der Einbauten für die weitere Detailplanung und spätere Bauausführung meist zu ungenau sind, wird die Trasse mit Hilfe der zuvor gesetzten Markierungen vermessen. Hier werden nicht nur die zukünftige Rohrachse, sondern alle Hindernisse, welche einen Einfluss auf Planung und Bau darstellen wie zum Beispiel Wasserläufe, Verkehrsflächen, Zäune und Maste aufgenommen und im so genannten Trassenplan dargestellt.

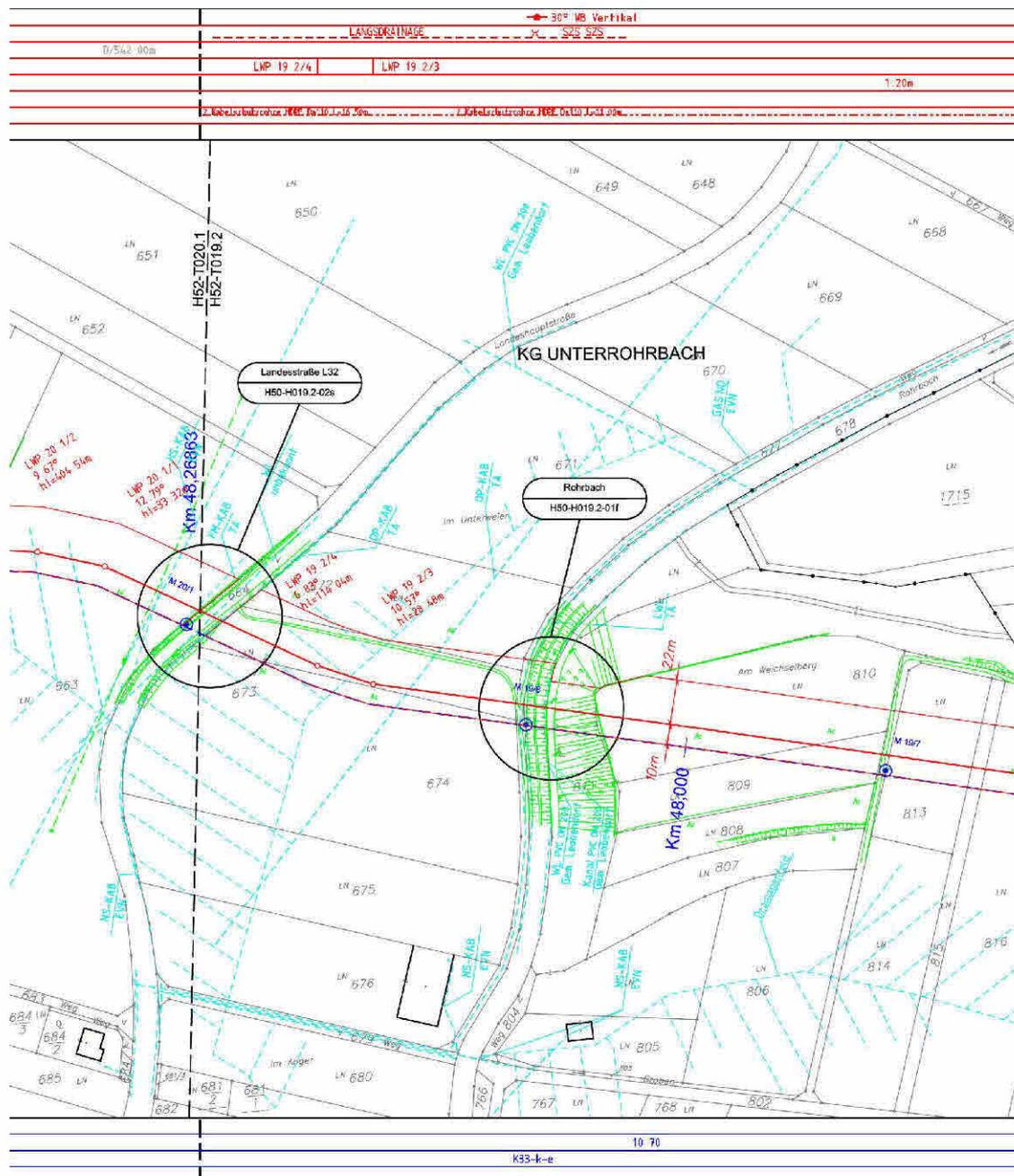


Abb. 4.1: Ausschnitt Trassenplan²⁹

²⁹ Quelle: Venzi Balkanski (ehemaliger ILF-Mitarbeiter)

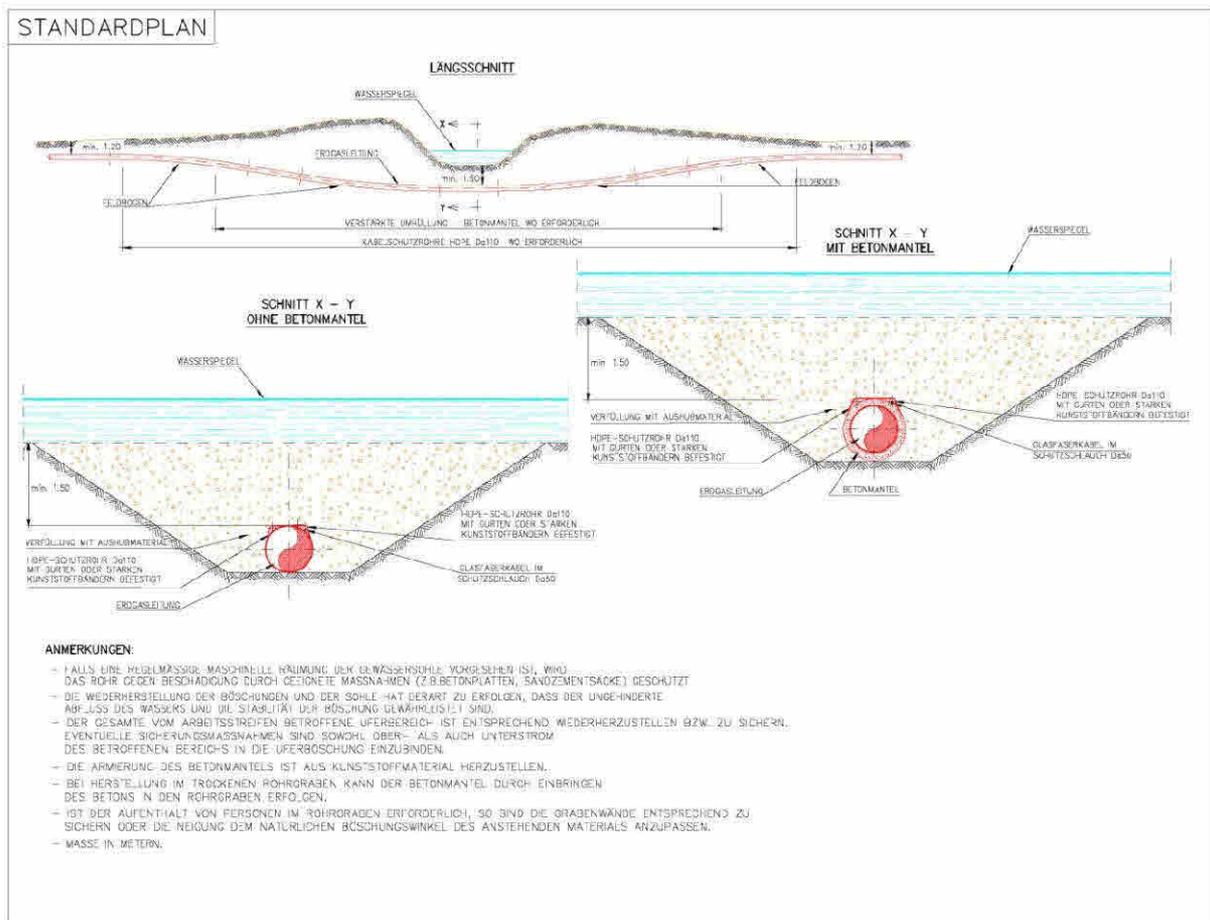


Abb. 4.3: Ausschnitt Typenplan: Querung von Gewässern³¹

Nach erfolgreichem Vergabeverfahren kann mit der Detailplanung begonnen werden. Hier werden die hydraulischen Berechnungen durch statische Überlegungen ergänzt, sowie die Pläne detailliert ausgearbeitet und gegebenenfalls Auflagenpunkte aus Bescheiden von den vorangegangenen Behördenverfahren eingearbeitet. Im Zuge dessen werden auch Isometrien und Fließschemata erstellt.

³¹ Quelle: Mersudin Bojagic (ehemaliger ILF-Mitarbeiter)

Führt jedoch lediglich ein Teilstück der Fernleitung durch ein fremdes Grundstück, reicht für den Bau die Einräumung gewisser Rechte:

- Das Recht auf dem Grundstück eine bestimmte Leitung verlegen, betreiben und unterhalten zu dürfen
- Das Grundstück während der Projektentwicklung jederzeit betreten und befahren zu dürfen
- Verbot auf einen je nach Rohrdurchmesser abhängigen breiten Grundstücksstreifen Bauwerke zu errichten oder in einer leitungsgefährdenden Weise zu benutzen.

Dieses Nutzungsrecht wird auch als persönliche Dienstbarkeit oder Servitut bezeichnet.

Mietverträge, Leihverträge oder Pachtverträge sind in diesem Zusammenhang problematisch, da im Falle eines Grundstückverkaufes der zuvor abgeschlossene Vertrag verfällt und der neue Eigentümer auf das Entfernen der Leitung bestehen kann.

Für die Benutzung von Grundstücken staatlicher Forstverwaltungen und Landwirte, sowie im Falle einer Mitbenutzung von öffentlichen Verkehrswegen, sind teilweise Rahmenverträge vereinbart oder zumindest Musterverträge ausgearbeitet.

Für die Inanspruchnahme des Grundstückes durch eine Versorgungsleitung wird der Eigentümer entschädigt. Meist liegt dieser Betrag zwischen 10-20 % des Wertes des in Anspruch genommenen Grundstückstreifens.

Grundstücke, die nur im Bereich des Arbeitsstreifen jedoch nicht in dem des Schutzstreifens, also jenem Bereich der nach der Verlegung nicht mehr durch den Eigentümer bebaut oder in einer leitungsgefährdenden Weise benutzt werden darf liegen, fallen nicht unter das Servitutrecht. Hier wird nur eine Erlaubnis zur vorübergehenden Benutzung des Grundstückes eingeholt. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt eines Wegerechtsplans. Hier werden nicht nur der Arbeits- und Servitutsstreifen sowie allgemeine Angaben zur Leitung eingezeichnet, sondern auch sämtliche Katasterinformationen wie zum Beispiel Grundstücksnummern, Bezirksgrenzen, Grenzpunkte usw. eingetragen.

Für die Kontaktpflege werden eigene Wegerechtsbeauftragte beschäftigt, die als Verbindungsstelle zwischen den Eigentümern, der Pipelinegesellschaft, dem Planungsbüro und dem ausführendem Unternehmen fungieren und gegebenenfalls auch zwischen den einzelnen Parteien vermitteln. Ein weiterer Aufgabenbereich besteht in der laufenden Übermittlung von Informationen an die Grundbesitzer bezüglich des Planungs- und Baufortschrittes, bis alle Arbeiten abgeschlossen sind.

Parallel dazu werden in Abstimmung mit den zuständigen Landwirtschaftskammern die Wegerechtspläne auf Basis des Frozen Designs, Planungsunterlagen für den Stationsflächeneinkauf, Unterlagen bezüglich der Grundstücksdaten, sowie die Verträge vorbereitet. Nach einer Einigung mit den Grundeigentümern und nach eventueller Berücksichtigung und Einarbeitung von Eigentümerwünschen, folgt die Vertragsunterzeichnung. Der Wegerechtserwerb ist damit abgeschlossen.

Nach Beendigung der Bauarbeiten muss das Grundstück, in Absprache mit dem Grundbesitzer, wieder in seinen ursprünglichen Zustand gesetzt werden. In Einzelfällen werden die Wiederherstellungsarbeiten gegen Vergütung an den Eigentümer übertragen.

4.2.2 Behördenverfahren

In Abhängigkeit mit der endgültigen Lage der Trasse, muss das jeweilige Projekt nach mehreren Gesetzen eingereicht werden. Nachfolgend wurden die am häufigsten zur Anwendung kommenden Einreichungen inklusive der dafür notwendigen Unterlagen aufgezählt.

- 1) Einreichung nach dem Gaswirtschaftsgesetz (GWG) beim Bundesministerium für Wirtschaft Familie und Jugend (BMWFJ)

Die Dauer des Genehmigungsverfahrens liegt bei etwa 4-6 Monaten und endet mit einer Behördenverhandlung.

Notwendige Unterlagen:

- Technischer Bericht
- Fließschema
- Wegerechtspläne
- Trassenpläne
- Grundeigentümerverzeichnis
- Fremdleitungsliste
- Verzeichnis der Bergbaugebiete

(Die Einreichung nach dem GWG gilt nur für Gasrohrleitungen. Die Einreichung für Mineralölleitungen erfolgt sinngemäß nach dem Rohrleitungsgesetz.)

- 2) Einreichung nach dem Forstrecht beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW)

Das Genehmigungsverfahren dauert etwa 3-4 Monate und endet nach Vorlage des GWG-Bescheides mit einer Behördenverhandlung.

Notwendige Unterlagen:

- Technischer Bericht
- Rodungspläne
- Grundeigentümerverzeichnis inklusive dinglicher Rechte
- Rodungsverzeichnis mit dauerhafter und befristeter Rodung
- Anrainerverzeichnis

- 3) Einreichung nach dem Baurecht bei der jeweiligen Gemeinde

Die Dauer des Genehmigungsverfahrens beträgt etwa 2-3 Monate und kann gegebenenfalls mit einer Behördenverhandlung enden.

Notwendige Unterlagen:

- Technischer Bericht
- Bautechnische Lagepläne (Stationen)
- Leitpläne für Beton- und Stahlbau
- Grundeigentümer- und Anrainerverzeichnis

- 4) Einreichung nach dem Straßenrecht beim jeweiligen Landesministerium

Notwendige Unterlagen:

- Technischer Bericht
- Straßenkreuzungsliste
- Detailpläne für Straßenquerungen

- 5) Einreichung nach dem Eisenbahnrecht bei der ÖBB

Notwendige Unterlagen:

- Technischer Bericht
- Eisenbahnkreuzungsliste
- Detailpläne für Eisenbahnquerung

6) Einreichung öffentliches Wassergut beim jeweiligen Landesministerium

Notwendige Unterlagen:

- Technischer Bericht (bezüglich der Gewässerquerung, der Wasserentnahme oder Einleitung)
- Liste der Kreuzungen öffentlicher Gewässer
- Detailpläne für Gewässerquerungen

7) Einreichung für Autobahnquerungen bei der ASFINAG

Notwendige Unterlagen:

- Technischer Bericht
- Kreuzungsliste
- Detailpläne für Autobahnquerungen

Gegebenenfalls kann noch zusätzlich die Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung verlangt werden bzw. notwendig sein.

4.3 BESTANDTEILE / TECHNISCHE EINRICHTUNGEN

4.3.1 Armaturen^{36,37}

Armaturen gehören zu den wichtigsten und auch kostenintensivsten Einrichtungen von Fernleitungen. Ihre Aufgabe liegt darin Leitungsabschnitte absperren zu können.

Je nach Verwendungszweck stehen verschiedenste Armaturen zur Verfügung, wobei man sie entweder nach der Grundbauart (siehe Abb. 4.6) oder nach ihren Funktionsmerkmalen (siehe Tab. 4.1) unterteilen kann.

³⁶ Vgl.[4]; S.474-534

³⁷ Vgl.[3]; S.451-475

Arbeitsweise des Abschlusskörpers				
geradlinig	Drehung um eine Achse quer zur Strömung		Deformation eines flexiblen Bauteils	
Strömungsrichtung im Abschlussbereich				
quer zur Bewegung des Abschlusskörpers	in Bewegungsrichtung des Abschlusskörpers	durch den Abschlusskörper	um den Abschlusskörper	unterschiedlich je nach Ausführung
Bezeichnung der Grundbauart				
Schieber	Ventil	Hahn	Klappe ¹⁾	Membranarmatur
Art des Abschlusskörpers				
Koif, Platte, Kolben, Membran, Scheibe	Teller, Kegel, Zylinder (Kolben), Kugel, Nadel	Kugel, Kegel (Küken), Zylinder	Scheibe, Platte, Drehkegel	Membran, Schlauch
Ausführungsbeispiele				
Absperrschieber, Flachschieber, Talsperrenschieber	Absperrventil, Drosselventil, Sicherheitsventil, Rückschlagventil	Kugelhahn, Zylinderhahn, Kegelhahn	Absperrklappe, Rückschlagklappe, exzentrisches Drehkegelventil	Membranabsperarmatur, Membranrückflussverhinderer

¹⁾ Hierzu gehört auch die exzentrische Drehkegelarmatur.

Abb. 4.6: Einteilung der Armaturen nach der Grundbauart³⁸

Bauart	Beeinflussung des Mediums	Beispiele
Absperrarmatur	Unterbrechung und Freigabe des Stoffstroms	Absperrventil, -schieber, -klappe
Regulierarmatur	Reduzierung des Arbeitsdruckes, Entnahme von Durchflussstoff	Probeentnahmeventil
Stellgerät	Getrennte oder gemischte Regelung von Druck, Temperatur, Menge	Regelventil, -klappe, -hahn, Stellventil
Sicherheitsarmatur	Verhinderung von Drucküberschreitungen und anschließendes Absperrn	Auslaufarmatur, Sicherheitsventil, Sicherheitsabsperventil
Berstscheibeneinrichtung	Verhinderung von Drucküberschreitungen ohne anschließendes Absperrn	Berstscheibensicherung
Rückflussverhinderer	Verhinderung einer Strömungsumkehr	Rückschlagventil, -klappe
Verteil-Armatur	Umleiten des Strömungsweges	Umleitventil, Wechselventil
Misch-Armatur	Mischen verschiedener Stoffströme, Dosieren von Fluiden	Mischventil, Dosierventil
Kondensatableiter	Abscheiden (Trennen) und Ableiten von Flüssigkeit aus Gasen und Dämpfen	Kondensatableiter, Entlüftungsventil

Tab. 4.1: Einteilung der Armaturen nach Funktionsmerkmalen³⁹

³⁸ Vgl.[4]; S.475

³⁹ Vgl.[4]; S.474

Weiters können folgende Antriebsarten unterschieden werden:⁴⁰

- Manuell (Handrad, Handhebel, Bedienschlüssel)
- Manuelle Betätigung über Antriebsgestänge oder Spindelverlängerung, meist in Kombination mit einem Handrad.
- Direkt auf- oder angebauter, pneumatischer oder hydraulischer Antrieb oder eine Kombination daraus
- Elektrischer, pneumatischer oder hydraulischer Antrieb über Antriebsgestänge oder Spindelverlängerung

Um die Funktionstüchtigkeit der Armaturen zu gewährleisten, sind diese einer Festigkeitsprüfung, Dichtheitsprüfung, Prüfung über die Sitzdichtheit, Sitzfestigkeit, sowie Funktionsfähigkeit zu unterziehen und anschließend zu kennzeichnen.

Diese müssen Angaben über die Nennweite (DN), den Nenndruck (PN), den Werkstoff, Herstellerzeichen und falls notwendig der Durchflussrichtung enthalten.

Anschließend werden die häufigsten Armaturen kurz vorgestellt.

a) Schieber

Ein Schieber stellt eine reine Schaltarmatur dar und wird durch einen Abschlusskörper gekennzeichnet, der sich quer zur Strömungsrichtung bewegt. Dieser kann unterschiedlich ausgebildet sein.

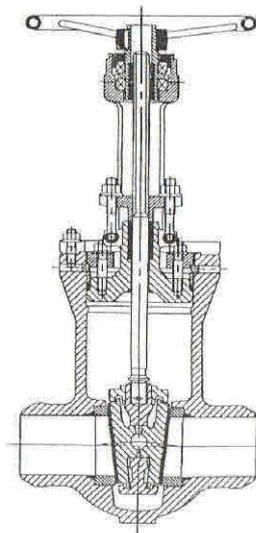


Abb. 4.7: Keilplattenschieber⁴¹

⁴⁰ Vgl.[4]; S.477

⁴¹ Vgl.[4]; S.482

Die häufigsten Ausführungsformen von Abschlusskörpern sind der Keil, die Platte, der Kolben, die Membran oder die Scheibe, die bei Bedarf in beiden Richtungen durchströmt werden können.

Beim Parallelplattenschieber ist im geöffneten Zustand der gesamte Querschnitt frei, wodurch der Einsatz eines Molches möglich wird.

b) Ventile

Ventile dienen als Absperrorgan und zur Regelung des Druckes, der Temperatur, der Menge sowie des Flüssigkeitsstandes in der Rohrleitung. Da sich der Abschlusskörper im geöffneten Zustand im umgelenkten Stoffstrom befindet, entstehen große Druckverluste. Daher werden Ventile häufiger als Drosselorgane denn als Absperrrichtungen verwendet. Im Gegensatz zu Schiebern weisen Ventile eine vorgegebene Durchflussrichtung auf.

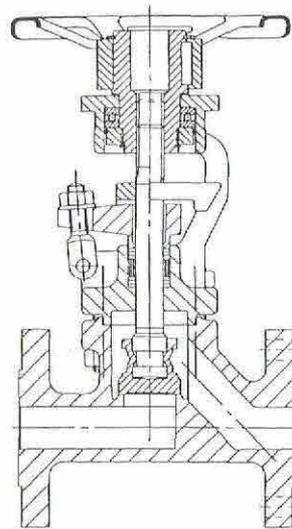


Abb. 4.8: Absperrventil⁴²

Weiters sind auch Sonderformen wie das Rückschlagventil, Sicherheitsventil und das Magnetventil im Einsatz.

Rückschlagventile und Klappen dienen dem Schutz von Pumpen indem sie eine plötzliche Strömungsumkehr unterbinden. Weiters verhindern sie das Eindringen von Stoffflüssen in eine nicht dafür vorgesehene Leitung.

Die Aufgabe von Sicherheitsventilen besteht darin, die Rohrleitung vor unzulässig hohem Druck zu schützen, indem es sich selbstständig bei Drucküberschreitung öffnet und schließt.

⁴² Vgl.[4]; S.489

Magnetventile stellen Absperrventile dar, die entweder per Hand oder mittels Elektromagnet betätigt werden können. Ihr Vorteil liegt in den kürzeren Schließ- und Öffnungszeiten im Gegensatz zu herkömmlichen Ventilen. Nachteilig wirkt sich jedoch ihre Empfindlichkeit gegenüber Verunreinigungen aus. Aus diesem Grund werden häufig Siebe oder Filter vorgeschaltet.

c) Hähne

Hähne stellen Abschlusskörper dar und besitzen einen kugelförmigen, zylindrischen oder kegeligen Verschlussteil, das sogenannte Kücken. Hähne arbeiten nach folgendem Funktionsprinzip: beim Betätigen gleiten durch das Drehen des Abschlusskörpers zwei gekrümmte Flächen aufeinander und geben die Öffnung frei bzw. verschließen diese wieder. Da dabei im Gegensatz zu anderen Armaturen der Abschlusskörper nicht ausgefahren wird, sind geringere Bauhöhen möglich.

Wenn der Abschlusskörper den gleichen Durchmesser wie das Rohr aufweist, entsteht durch die Armatur kein zusätzlicher Druckverlust und auch der Einsatz eines Molches wird dadurch ermöglicht.

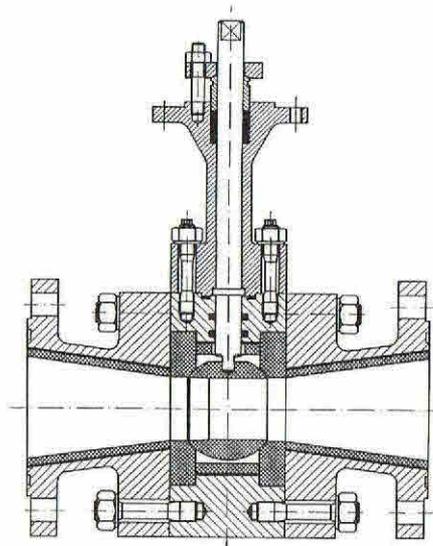


Abb. 4.9: Kugelhahn⁴³

d) Klappen

Klappen stellen Drehkörperarmaturen dar, da der Abschlusskörper (Klappe) im Stoffstrom bleibt und nur um eine Achse geschwenkt wird. Sie werden als Absperr-, Abdicht-, Rückschlag- oder Regelklappen und als Sicherheitsorgan in Form von Explosionsklappen eingesetzt.

⁴³ Vgl.[4]; S.494

e) Kondensatableiter

Diese Armaturen dienen dem Ableiten von kondensierenden Flüssigkeiten aus Dämpfen und Gasen

4.3.2 Mess- und Steuerungseinrichtungen^{44,45}

Um den sicheren Betrieb zu gewährleisten, müssen der Druck, die Temperatur und die Durchflussmenge permanent überwacht und gegebenenfalls gesteuert werden. Die Fernübertragung der Werte erfolgt hier entweder über eine Messleitung oder nach Umwandlung mittels eines Transmitters durch ein elektrisches Einheitssignal.

a) Druckmessung

Die Messung des Druckes erfolgt durch ein Manometer. Hierfür stehen verschiedene Bauarten zur Verfügung. Sie werden nach ihrem Messorgan, einem elastischem Messglied bezeichnet. Häufig kommen das Rohrfedermanometer, das Plattenfedermanometer, das Kapselfedermanometer oder das U-Rohr-Manometer zum Einsatz.

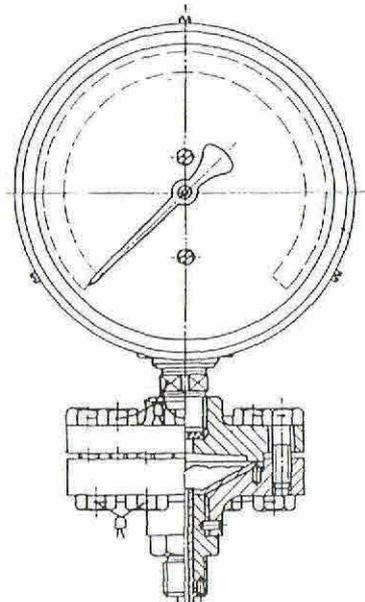


Abb. 4.10: Manometer⁴⁶

⁴⁴ Vgl.[3]; S.476-499

⁴⁵ Vgl.[4]; S.534-572

⁴⁶ Vgl.[4]; S.536

b) Temperaturmessung

Die Temperaturmessung kann mittels nachfolgender Einrichtungen erfolgen:

- Maschinen-Glasthermometer
- Zeigerthermometer in Form von Bimetallthermometern oder Federthermometern
- Elektrische Temperaturmessgeräte in Form von Thermoelementen oder Widerstandsthermometern.

Letztgenanntes wird für die Fernübertragung eingesetzt. Das Maschinen-Glasthermometer und das Zeigerthermometer stellen mechanische Berührungsthermometer dar, die zur Fernübertragung eine entsprechende Zusatzausrüstung benötigen.

c) Durchflussmessung

Hierfür stehen verschiedene Geräte mit unterschiedlichen Messprinzipien zur Verfügung, wobei die meisten auf einer Volumenstrommessung basieren. Dabei wird der Massestrom durch automatische Einbeziehung der Temperatur- und Druckmessung erfasst.

d) Regeleinrichtung

Diese Einrichtungen sind für das Einhalten der vorgegebenen Parameter für Druck, Temperatur und Durchflussmenge verantwortlich. Da eine Handsteuerung meist nicht ausreicht und oft auch nicht die Möglichkeit dazu besteht, werden automatisierte oder zumindest teilautomatisierte Regler eingesetzt. Der Vorteil dieser besteht vor allem darin, dass sie die Parameter in Abhängigkeit von der Zeit entsprechend einer Kennlinie verändern können.

Die Steuerung solcher Regler kann hydraulisch, pneumatisch, mechanisch oder elektrisch erfolgen.

4.3.3 Sonstige Technische Einrichtungen^{47,48,49}

a) Kreiselpumpen

Kreiselpumpen stellen Strömungsmaschinen mit umlaufendem Rad dar. Mit Hilfe dieser Einrichtung wird die Strömung in der Rohrleitung verlangsamt und damit die Geschwindigkeit in Druck umgewandelt. Sie können in Axial- und Radialpumpen, sowie in ein- und mehrstufigen Typen unterteilt werden.

⁴⁷ Vgl.[4]; S.573-636

⁴⁸ Vgl.[9]; S.85-91

⁴⁹ Vgl.[10]198-199

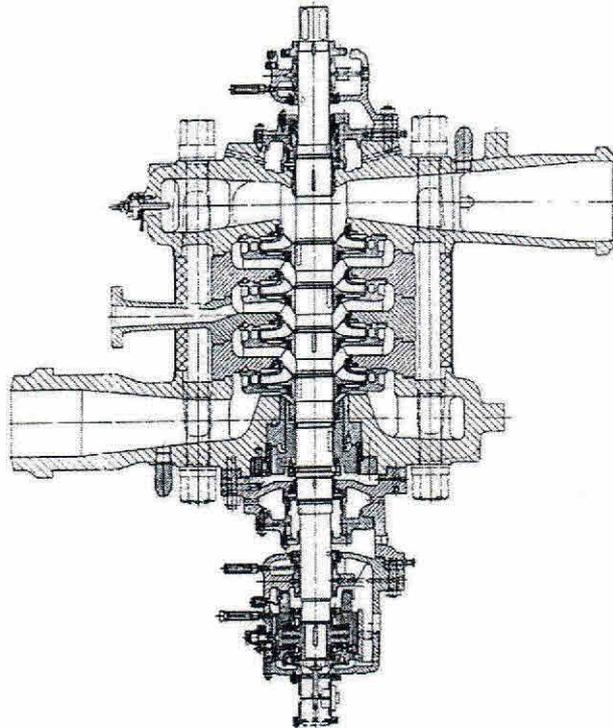


Abb. 4.11: Mehrstufige Pumpe⁵⁰

b) Elektrische Trennstellen

Elektrische Trennstellen sind Isolierverbindungen, die einerseits die elektrische Leitfähigkeit metallischer Rohre unterbrechen und andererseits die Trennung der Leitung von allen niederohmig geerdeten Anlagen und fremden Installationen gewährleisten soll.

Sie sind erforderlich⁵¹

- zur Trennung von Leitungsabschnitten, Schieber- und Molchstationen
- an Verdichterstationen
- an Gasdruckregel-, Steuer- und Messanlagen
- an allen Leitungen, die von kathodisch geschützten Rohrleitungen und Ausrüstungen abzweigen.

Zu den elektrischen Trennstellen gehören die Isolierstücke (Isolierkupplung), Isolierflanschpaare, Isolierverflansungen, Flanschisolierungen und Absperrarmaturen mit integrierter Trennstelle.

⁵⁰ Vgl.[14]; S.6-2

⁵¹ Vgl.[4]; S.606

c) Ableitungen

Bei Mineralölleitungen stellen Ableitungen Hilfseinrichtungen zur In- und Außerbetriebnahme, sowie für Instandhaltungszwecke, zum Zweck von Entleerungen, dar.

d) Ausblaseeinrichtungen

Diese werden bei Gasleitungen angeordnet, um große Gasmengen gezielt und gefahrlos ins Freie abzuleiten. Sie bestehen aus einer Armatur und der Ausblaseleitung, die im Ruhezustand mittels Blindflansch verschlossen ist. Zur Senkung der Schallemission kann ein Schalldämpfer auf den Flansch gesetzt werden.

4.3.4 Formstücke^{52,53}

Bei den Formstücken unterscheidet man zwischen Rohrkrümmern, Abzweigstücken, Reduzierstücken, Übergangsstücken und Kappen.

a) Rohrkrümmer

Diese können sowohl auf der Baustelle als auch in der Werkstatt hergestellt werden. Im Fernleitungsbau werden Bögen mit großen Radien aus den geraden Rohren der Leitung mit Hilfe einer Biegemaschine hergestellt. Bögen mit kleineren Radien, wie zum Beispiel innerhalb von Stationen, werden hingegen im Werk gefertigt.

b) Abzweigstücke

Mit Abzweigstücken können Abzweigungen mit senkrechtem oder schrägem Abgang hergestellt werden. Das Verhältnis vom Durchgangsrohr zum Abzweigrohr kann bis 1:1 betragen.

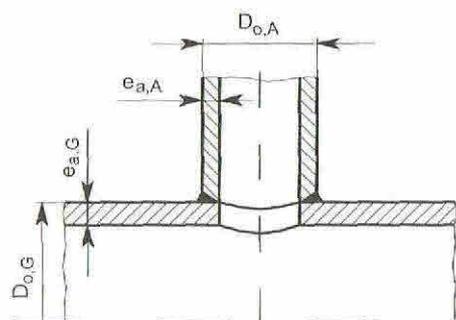


Abb. 4.12: Abzweigstück⁵⁴

⁵² Vgl.[4]; S.328-357

⁵³ Vgl.[3]; S.310-315

⁵⁴ Vgl.[4]; S.339

c) Reduzierstücke

Die Aufgabe von Reduzierstücken besteht in der Verbindung zweier Rohrleitungen mit unterschiedlichem Durchmesser.

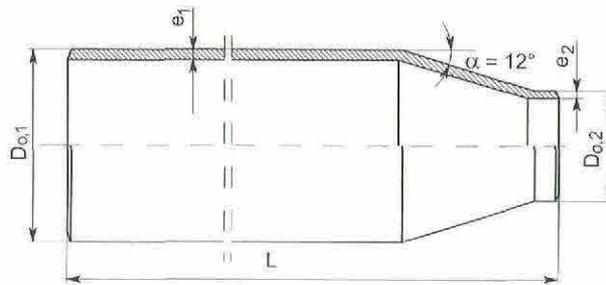


Abb. 4.13: Reduzierstück⁵⁵

d) Übergangsstücke

Diese stellen die Verbindung zweier Rohre mit unterschiedlichen Wanddicken her.

e) Kappen

Kappen dienen dem Verschluss von Rohrleitungen oder Leitungsabschnitten. Je nach Form der Kappe unterscheidet man zwischen Halbkugelboden, Korbogenboden, Klöpperboden oder ebenen Boden.

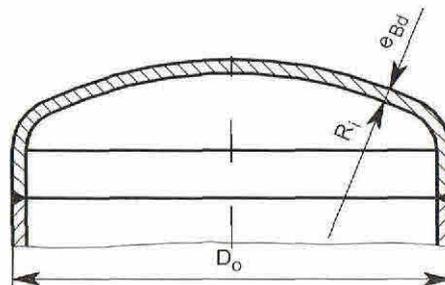


Abb. 4.14: Klöpperboden⁵⁶

⁵⁵ Vgl.[4]; S.346

⁵⁶ Vgl.[4]; S.349

4.3.5 Stationen^{57, 58, 59, 60}

Fernleitungen werden mittels Stationen in mehrere Abschnitte unterteilt und müssen folgende Aufgaben erfüllen:⁶¹

- Produkte übernehmen, lagern, transportieren und übergeben
- Durchführung der notwendigen Messungen zur Gewährleistung eines gesicherten Betriebes
- Durchführung Molchbetrieb
- Sektionsweises Absperren der Hauptleitung
- Regelung des Leitungsdruckes

Aus betrieblichen und hydraulischen Gründen, sowie aufgrund wartungstechnischer Vorteile erfüllt eine Station jedoch meist mehrere Aufgaben.

Bei der Wahl des geeigneten Standortes werden nicht nur hydraulische Überlegungen berücksichtigt, sondern sollte auch aus Standortbezogenen Gründen erfolgen.

Diese umfassen:⁶²

- Meteorologie (Temperatur, Niederschläge, Luftdruck, Windverhältnisse, Luftfeuchtigkeit, Sonneneinstrahlung)
- Beschaffenheit des Baugrundes (Geologie, Morphologie)
- Zugänglichkeit
- Möglichkeit für Energieversorgung, Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung und für eine eventuelle Erweiterung der Station
- Geltende Gesetze und Vorschriften für die Auslegung der Station und bezüglich Sicherheit und Umweltschutz

Nachfolgend werden die einzelnen Stationstypen näher vorgestellt.

⁵⁷ Vgl.[9]; S.85-91; S.302-321

⁵⁸ Vgl.[3]; S.116-149; S.435-450

⁵⁹ Vgl.[10]; S.198-199

⁶⁰ Vgl.[11]; S.263-285

⁶¹ Vgl.[3]; S.116

⁶² Vgl.[3]; S.120

a) Pumpstation

Diese Stationen werden in Ölleitungssystemen eingesetzt und ihre Aufgabe besteht darin das Öl mittels Kreiselpumpe fortzuleiten. Sie können in Ausgangspumpstationen (Kopfstation) und Zwischenpumpstationen unterteilt werden. Die Wahl der Lage von Pumpstationen und die Abstände der einzelnen Armaturengruppen zueinander hängen von der Viskosität des Öls, dessen Druckverlust, sowie den geographischen Verhältnissen ab.

Eine Pumpstation umfasst folgende Bestandteile:⁶³

- Pumpen inklusive deren Antriebe und Regelanlagen
- Einrichtung für den Molchbetrieb
- Leckölsystem
- Verrohrung
- Energieversorgung
- Steuerung und Überwachung
- Betriebsgebäude

Beim Transport von schweren Ölen werden diese in den Pumpstationen mittels Vorwärmer aufgeheizt, damit es dünnflüssiger und damit pumpfähig wird.

Da diese Stationen im Regelfall nicht besetzt sind, erfolgt deren Steuerung und Regelung mittels Fernübertragung.

b) Schieberstation

Diese werden angeordnet, um die Leitung in bestimmten Abständen absperren zu können. Ihre Anordnung hängt vom Verlauf der Leitung und den übrigen Betriebseinrichtungen ab.

⁶³ Vgl.[3]; S.128

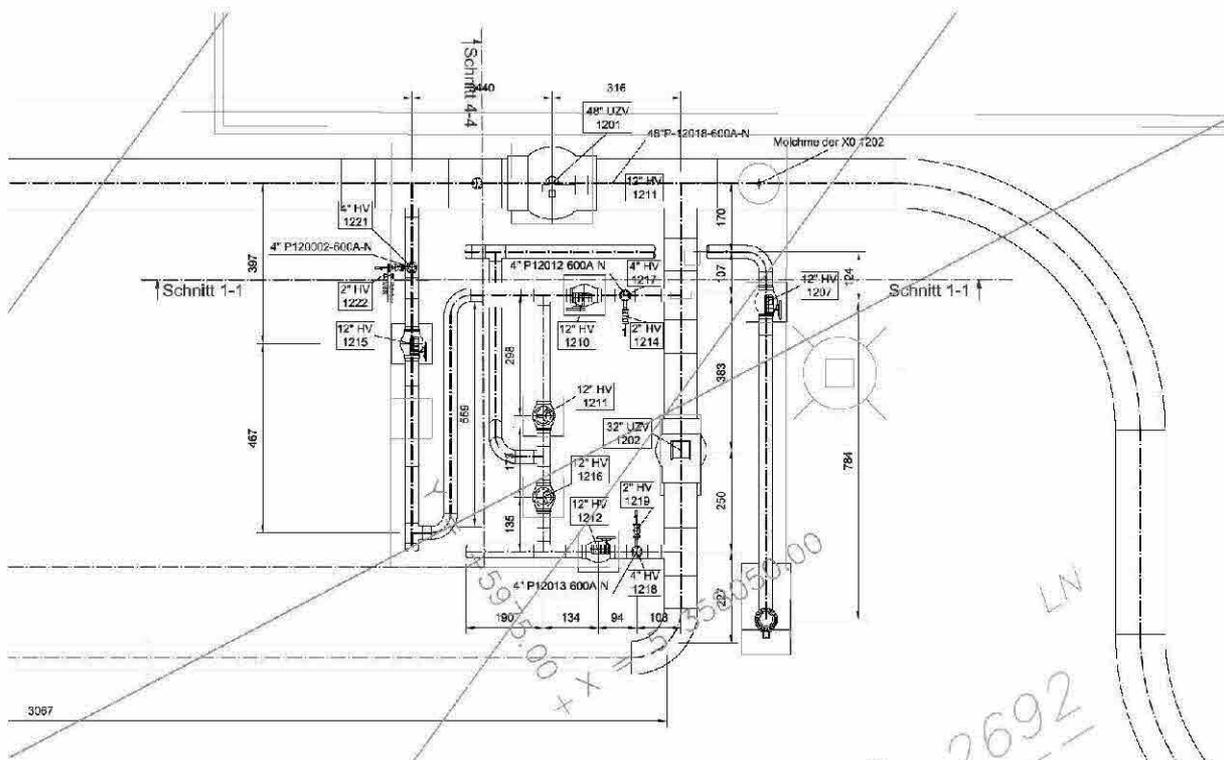


Abb. 4.15: Ausschnitt Rohrplan Schieberstation⁶⁴

c) Verdichterstation

Da Erdgas für den Transport verdichtet werden muss, sind in Abhängigkeit der Leitungslänge ausreichend viele Verdichterstationen anzuordnen. Aufgrund der heute üblichen Verdichtungsverhältnisse ergeben sich somit Abstände zwischen den Stationen von 90 km bis 150 km.

d) Abzweig- und Übergabestation / Reglerstation

Diese Einrichtungen dienen zur Verzweigung des Mediums in Abzweigleitungen.

Sie umfassen folgende Bestandteile:⁶⁵

- Abzweig- oder Übergabearmatur
- Druckregelanlage
- Messeinrichtungen
- Verrohrung
- Energieversorgung
- Steuerung und Überwachung
- Betriebsgebäude

⁶⁴ Quelle: Susanne Schandl

⁶⁵ Vgl.[3]; S.141

e) Molchstation

Das Molchen von Rohren hat die Aufgabe der Inspektion, Wartung, Messung und Reinigung. Somit muss sowohl am Anfang als auch am Ende eines Leitungssystemes eine Molchschleuse in Form einer Molchstation angeordnet werden. Da Fernleitungen meist über lange Strecken führen, werden in der Regel mehrere Molchstationen meist in Kombination mit anderen Regelungs- und Messeinrichtungen angeordnet.

Jede Molchschleuse ist mit einem Molchmelder zur Ortung und einer Molchkammer mit Verschlussdeckel inklusive einer Sicherheitsverriegelung ausgestattet.

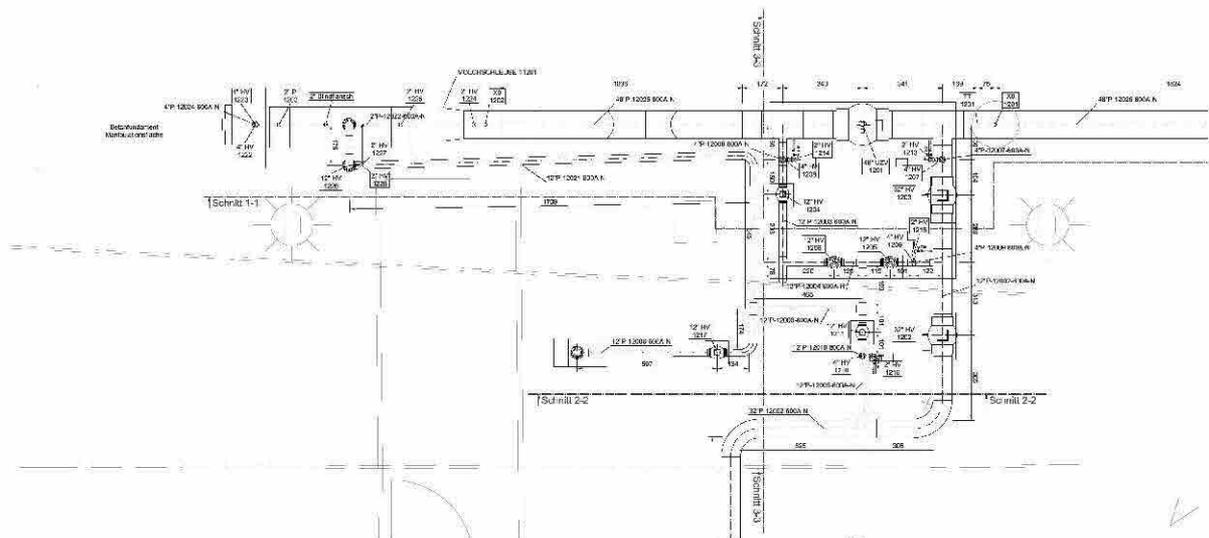


Abb. 4.16: Ausschnitt Rohrplan Molchstation⁶⁶

⁶⁶ Quelle: Susanne Schandl

5 BAUABLAUF⁶⁷

Nach einer gründlichen und vollständigen Planung, kann mit der Organisation und Vorbereitung der Baumaßnahme begonnen werden. Im Rahmen des Bauablaufes können die Bauarbeiten in zwei Leistungsbereiche gegliedert werden:

1) Tiefbauarbeiten

1.1) Erdbaumaßnahmen

Dies umfasst jede Maßnahme zur Erstellung und Wiederverfüllung des Rohrgrabens:

- Leitungsgräben
- Baugruben
- Grundwasser
- Fels, Steilhänge

1.2) Oberflächenarbeiten

Sind von der Art der vorgefundenen und nach dem Bau wieder herzustellenden Oberfläche abhängig (Freies Gelände: Land- und forstwirtschaftliche Flächen; Bebautes Gebiet: befestigte Straßen, Wege):

- Wald, Acker, Weide
- Vorfluter, Drainage
- Pflasterungen
- Bitumen, Beton

1.3) Sonderbauwerke

Kommen nur dann zur Anwendung, wenn dies natürliche Gegebenheiten oder technische Anforderungen verlangen:

- Betonbauwerke
- Rohrvortrieb
- Dükerbau
- Wasserbau

2) Rohrbauarbeiten

Diese werden im Zuge der Bauabwicklung detaillierter beschrieben.

⁶⁷ Vgl.[2]; S.12-18

5.1 ARBEITSSCHRITTE

Die Bauabwicklung lässt sich in folgende Tätigkeiten unterteilen:

- Arbeitsvorbereitung und Baustelleneinrichtung
- Herstellung des Arbeitsstreifens und Humusabtrag
- Rohrausfuhr
- Biegevermessung
- Biegen von Rohren
- Vorstrecken und Schweißen (Vorbau)
- Schweißnahtprüfung
- Nahtumhüllung
- Rohrgrabenherstellung
- Absenken und Verbinden
- Verfüllen des Rohrgrabens
- Reinigen der Rohrleitung
- Druckprüfung
- Geometriemessmolchung
- Leitungstrocknung
- Wiederherstellen der Oberfläche und Rekultivierung
- Dokumentation

In den nachfolgenden Kapiteln werden diese Arbeitsschritte näher beschrieben.

5.1.1 Arbeitsvorbereitung und Baustelleneinrichtung⁶⁸

Die Arbeitsvorbereitung stellt die vollständige, gedankliche Abwicklung der Baumaßnahme, mit Augenmerk auf Qualität und wirtschaftlichem Erfolg dar. Dies setzt voraus, dass alle notwendigen Unterlagen bezüglich Vertrag, Technik und Kalkulation vorhanden sind. Die Arbeitsvorbereitung dient somit dem optimalen Ablauf der nachfolgenden Baumaßnahme.

Die Baustelleneinrichtung umfasst die zweckmäßige Ausstattung des Baubetriebes mit Produktions-, Transport- und Hilfseinrichtungen, sowie den räumlichen und zeitlichen Beziehungen zueinander.

⁶⁸ Vgl.[2]; S.38-53

Da es sich beim Pipelinebau um sogenannte Linienbauwerke mit großer Längsausdehnung handelt, beeinflusst die Wahl der Lager- und Betriebsplätze mit großem Maß den reibungslosen Ablauf des Baualltages und der Logistik. Hier können entweder bereits befestigte Plätze für den Zeitraum der Baumaßnahme angemietet werden oder neue Flächen angelegt werden. Es sollte hierbei jedoch bedacht werden, dass einerseits der gewählte Platz im Trassenbereich liegt und auch mit Schwer-LKW erreichbar sein muss und andererseits auch die Größe ausreichend gewählt werden sollte, um die Materialien so lagern zu können, dass sie jederzeit zugänglich sind.

Weiters muss die Trasse mit Augenmerk auf die Bauabwicklung besichtigt und eine Beweissicherung der vorhandenen Einbauten durchgeführt werden. Hier werden Gebäude, Wege, Brunnen, Grenzen und kleinere Objekte wie zum Beispiel Zäune, Einfahrtstore und Bäume durch einen gerichtlich beeideten Sachverständigen aufgenommen.

Im Zuge der Erkundung sind auch Informationen bezüglich eventuell vorkommender archäologischer Funde beim Bundesdenkmalamt einzuholen und eine gemeinsame Besichtigung zu organisieren. Je nach Abhängigkeit des betroffenen Gebietes kann die Behörde Vorabgrabungen oder eine Archäologische Baubegleitung verlangen. Eine Vorabgrabung kommt zum Einsatz, wenn aufgrund bereits relevanter Funde in diesem Areal, weitere Funde erwartet werden. Bei der archäologischen Baubegleitung wird der Humusabtrag von einem Archäologen überwacht.

Einen weiteren Arbeitsschritt während der Erkundung stellt die Kampfmitteluntersuchung dar. Hier ist eine sogenannte historisch genetische Rekonstruktion erforderlich, um abzuschätzen, ob im Trassenbereich Kampfhandlungen oder Bombenabwürfe stattgefunden haben und somit Kampfmittel vorkommen könnten. Die Untersuchung erfolgt mittels Oberflächen Sondierung auf maschineller oder konventioneller Art. Nach der Sondierung werden die Ergebnisse ausgewertet, die Verdachtspunkte freigelegt und gegebenenfalls geräumt.

Zuletzt wird der Arbeitsstreifen abgesteckt und falls notwendig, von vorhandenen Bäumen und Sträucher freigemacht.

5.1.2 Herstellung des Arbeitsstreifens und Humusabtrag⁶⁹

Nach Abstimmung des ausführenden Unternehmens mit den Grundeigentümern, Fremdleitungsbetreibern, Straßenmeistereien und Bahnbetreibern im erforderlichen Ausmaß, wird der Mutterboden im Bereich des abgesteckten Arbeitsstreifens abgetragen und innerhalb dieses, seitlich auf der Fahrstreifenseite, gelagert. Im Bereich der Lagerung erfolgt keine Abtragung.

Im Bereich von Stromfreileitungen werden sowohl davor als auch dahinter sogenannte „Stromtore“ mit Markierungsfähnchen aufgestellt. Diese bestehen üblicherweise aus links und rechts vom Arbeitsstreifen im Boden verankerten Stehern, zwischen denen ein Seil gespannt ist. Dieses markiert den einzuhaltenden Sicherheitsabstand zu stromführenden Kabeln, da es sich in der maximal zulässigen Höhe, unter der Fahrzeuge noch durchfahren dürfen, befindet.

Danach wird die genaue Lage der vorhandenen, unterirdischen Einbauten und Fremdleitungen mittels Schürfe und Handgrabungen ermittelt und gekennzeichnet. Hier sollten wenn möglich Angaben über die Leitung, die Nennweite und die Tiefe bis zum Rohrscheitel gemacht werden (siehe Abb. 5.1).



Abb. 5.1: Kennzeichnung von Fremdleitungen⁷⁰

⁶⁹ Vgl.[10]; S.351-354

⁷⁰ Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

Gleichzeitig zum Abtrag des Mutterbodens wird ein Fahrweg entlang der gesamten Trasse, einschließlich von eventuell notwendigen Anrampungen zum Queren von Straßen oder Wegen, hergestellt. Bei der Querung von Wasserläufen oder Bächen werden entweder Brücken errichtet, oder das Wasser in Rohren gesammelt und durch den Arbeitsstreifen geleitet. In beiden Fällen darf der freie Fluss der Wasserläufe und Bäche nicht beeinträchtigt werden. Ebenfalls sollte eine Gewässertrübung vermieden werden.

Zuletzt werden an Straßenkreuzungen nummerierte Lotsenpunkte angebracht, die in Notfällen die Orientierung der Einsatzkräfte erleichtert. Zusätzlich werden entlang der Trasse Schilder im Abstand von 500 m aufgestellt, die Angaben sowohl über die Trassenkilometrierung, als auch den nächsten Lotsenpunkt inklusive der Richtungsangabe enthalten.



Abb. 5.2: Trassenkilometrierung⁷¹

Führt die Trasse durch bebauten Gebiet ändert sich die prinzipielle Vorgehensweise nicht. Platten- oder Pflasterbeläge können wieder verwendet werden und somit werden sie, während der Baumaßnahme ebenfalls seitlich entlang der Trasse gelagert. Handelt es sich bei der befestigten Oberfläche jedoch um nicht wiederverwendbares Material, so wird es entweder auf Deponien gelagert oder falls möglich recycelt.

⁷¹ Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

5.1.3 Rohrausfuhr

Die für den Bau notwendigen Rohre und Werksbögen sind auf den eigens dafür errichteten Rohrlagerplätzen gelagert. Da die Rohre eine Länge bis zu 18 m aufweisen können, muss beim Transport vom Lagerplatz zum Einbauort auf die gesetzlichen Vorschriften bezüglich der Länge, Breite, Höhe und zulässigem Gesamtgewicht der Transportfahrzeuge, geachtet werden. In den meisten Fällen hat sich eine Vorankündigung solcher Transporte bei der örtlichen Polizeidienststelle als sinnvoll erwiesen.

Am Einbauort angelangt, werden die Rohre im Abstand von ungefähr 3 m – 5 m zur geplanten Achse auf der Fahrbahnseite des Arbeitsstreifens abgelegt. Dabei werden sie um etwa 3° aus der Achse gedreht, um eine ungestörte Bearbeitung der Schweißfase zu ermöglichen.



Abb. 5.3: Rohrlagerung entlang der Trasse⁷²

5.1.4 Biegevermessung

Die Biegevermessung legt anhand der ausgesteckten Achse und den ausgelegten Rohren die Herstellung der einzelnen Stränge und deren Verbindungsstücke fest. Dazu wird die Rohrleitungssachse mit der vorgegebenen Überdeckung in den Vermessungsunterlagen nachgebildet und die einzelnen Feldbögen festgelegt. Dabei orientiert man sich Horizontal an den Winkelpunkten der abgesteckten Leitung und Vertikal an der Geländeoberkante, unter Berücksichtigung der notwendigen Überdeckung.

Alle weiter zu bearbeitende Rohre werden in einer Biegeliste, unter Angabe der Rohrnummer, der Lage der Biegung und dem Biegewinkel, festgehalten. Je nach Beschaffenheit des Geländes werden 20-50 % der Rohre auf der Baustelle gebogen.

⁷² Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

5.1.5 Biegen von Rohren⁷³

Vor dem Start der Biegearbeiten wird im Beisein eines unabhängigen Sachverständigen Probiegungen gemäß Vd TÜV 1054 durchgeführt. Erst nach erfolgreichem Versuch wird das Rohrbiegeverfahren freigegeben.

Die entsprechenden Rohre werden auf einer Biegemaschine gebogen. Dabei erfolgt die Manipulierung zur und in die Biegemaschine mittels Seitenbaum (siehe Abb. 5.4).



Abb. 5.4: Seitenbaum⁷⁴

Danach wird das Rohr über den Biegedorn geschoben, unter den Haltebacken der Biegemaschine positioniert und hydraulisch gespannt. Ein Biegedorn, oder auch Mandrel genannt, wird eingesetzt, um sicher zu gehen, dass das Rohr keine Falten wirft (siehe Abb. 5.5). Während dieses Biegevorganges umfassen die Haltebacken das Rohr von außen, der Biegedorn drückt von Innen dagegen und der Biegestempel presst das Rohr nach oben.

⁷³ Vgl. 4]; S.800-809

⁷⁴ Quelle: Susanne Schandl



Abb. 5.5: Mandrel⁷⁵

Dabei sind folgende Grenzwerte einzuhalten:

- 1,5 ° maximale Biegung auf einer Länge von einem Rohrdurchmesser
- Ein Radius von mindestens dem 40-fachen Rohraußendurchmesser

Nach dem Biegevorgang wird das Rohr (Feldbogen) an der Einbaustelle abgelegt.

5.1.6 Vorstrecken und Schweißen (Vorbau)^{76,77,78}

Bevor die einzelnen Rohrstränge verlegt werden können, müssen sie zu einem durchgehenden Rohrstrang verbunden werden. Dafür werden in einem ersten Schritt die auf der Trasse ausgelegten Rohre zusammengeschweißt, wobei die Querungen (Weg, Straße, Gewässer, Fremdleitung) zu diesem Zeitpunkt noch ausgelassen werden.

Vor dem eigentlichen Schweißvorgang gilt es jedoch die Verbindungskanten entsprechend aufzubereiten. Dies wird auch als Schweißnahtvorbereitung bezeichnet. Die Qualität der Verbindung hängt vom Stegabstand (Luftabstand), dem Kantenversatz, sowie der Sauberkeit der Schweißfuge und der angrenzenden Oberfläche ab. Verschmutzungen wie Rost, Staub, Farbe, Öl, Fett oder Feuchtigkeit sind vor dem Schweißvorgang zu entfernen. Werden hohe Qualitätsanforderungen an die spätere Schweißnaht gestellt, hat die Nahtaufbereitung maschinell zu erfolgen.

⁷⁵ Vgl.[13]

⁷⁶ Vgl.[1]; S.55-56

⁷⁷ Vgl.[4]; S.637-675

⁷⁸ Vgl.[8]; S.48-53

Anschließend kann mit dem Verbinden der einzelnen Rohre begonnen werden. Hierfür stehen mehrere Schweißverfahren zur Verfügung, wobei auf Grund der Besonderheiten des Rohrleitungsbaus nur einige genutzt werden können. Die nachfolgend vorgestellten Verfahren sind sowohl für den Einsatz im Werk als auch auf der Baustelle geeignet.

1) Gasschmelzschweißen

Bei diesem Verfahren dient eine Flamme als Wärmequelle, die durch Verbrennen eines unter Druck zugeführten Gasgemisches (Sauerstoff, Brenngas) entsteht. Mit Hilfe der Brenngasflamme werden die beiden Rohrenden aufgeschmolzen und miteinander verbunden.

Das Gasschmelzschweißen entspricht einem einfachen Verfahren, welches niedrige Ansprüche an die Schweißnahtvorbereitung und Geometriegenauigkeit stellt.

Nachteilig wirkt sich jedoch die große Wärmemenge, die beim Schweißvorgang in den Grundwerkstoff eingebracht wird aus, da sie die Qualität des Stahles beeinflusst.

2) Lichtbogenhandschweißen

Es entspricht dem am häufigsten verwendeten Verfahren im Rohrbau. Die Wärmequelle besteht hier aus einem Lichtbogen, der zwischen einer Elektrode und dem Werkstück brennt und dabei den Werkstoff auf- und die Elektrode abschmilzt.

Die durch den Verbrenn- bzw. Schmelzvorgang der Elektrodenumhüllung entstehenden Gase dienen dem Schutz des Schmelzbades vor dem schädlichen Einfluss der Luft, stabilisieren den Lichtbogen und verhindern zu schnelles Abkühlen des Werkstoffes. Dies würde zu Spannungen führen, welches die Qualität der Rohrverbindung nachteilig beeinflussen würde.

Es stehen mehrere verschiedene Arten der Elektrodenumhüllung zur Verfügung, die sich unterschiedlich auf die technologischen Merkmale der Elektrode und mechanischen Eigenschaften des Schweißgutes auswirken. Im Rohrbau werden meist basische Umhüllungen, Rutilumhüllungen oder Zelluloseumhüllungen verwendet

3) Wolfram – Inertgasschweißen (WIG)

Bei diesem Verfahren besteht die Wärmequelle aus einem Lichtbogen, welcher in einer Schutzgasatmosphäre aus Argon zwischen der nicht schmelzenden Wolframelektrode und dem Werkstück, brennt.

Aufgrund der schützenden Wirkung des Argons vor schädlichem Luftzutritt gegenüber dem Schweißbad, weisen diese Verbindungen eine hohe Reinheit und somit eine gute Qualität auf.

4) Metall – Schutzgasschweißen (MSG)

Hierbei handelt es sich um eine Variante des Schutzgasschweißens, bei welcher anstatt der Wolframelektrode eine abschmelzende Drahtelektrode, die sowohl als Lichtbogenträger, als auch als Zusatzwerkstoff fungiert, zur Anwendung kommt. Der Draht wird kontinuierlich zugeführt, schmilzt dabei ab und bildet somit das Schweißgut. Das Metall – Schutzgasschweißen findet im Rohrbau hauptsächlich Anwendung für niedrig belastete Rundnähte und Zwischentragwerkskonstruktionen.

Folgende Unterarten zählen zu diesem Verfahren:

4.1) Metall – Inertgasschweißen (MIG)

Hier besteht das Schutzgas aus reinem Edelgas (Argon, Helium); es wird hauptsächlich für hochlegierte Stähle eingesetzt.

4.2) Metall – Aktivgasschweißen (MAG)

Das Schutzgas besteht aus einem Mischgas aus Argon, Helium, Kohlendioxid und Sauerstoff.

4.3) MAG Hochleistungsverfahren mit rotierendem Lichtbogen und Mehrkomponenten – Schutzgas

Die Verwendung erfolgt ausschließlich im Werk.

4.4) Lichtbogenschweißen mit Fülldraht (Innershield – Verfahren)

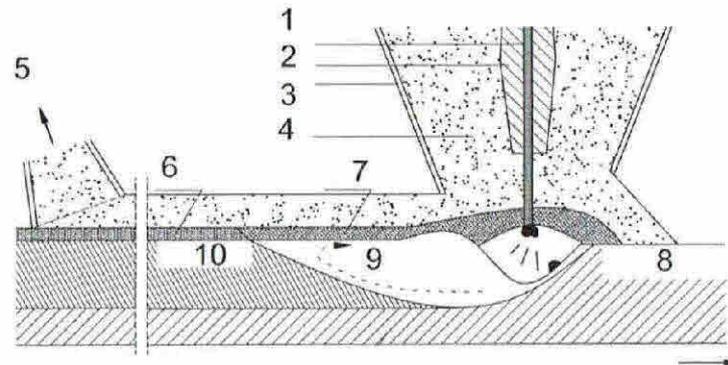
Es kommt kein Schutzgas zur Anwendung, sondern ein Fülldraht erzeugt eine Atmosphäre, welche das Schmelzbad schützt; Anwendung hauptsächlich für Zwischentragwerkskonstruktionen.

4.5) MAG Schweißen mit Fülldraht

Die zum Schutz des Schweißmediums notwendigen Stoffe sind hier im inneren der röhrenförmigen Elektrode untergebracht. Zusätzlich erfolgt der Schweißvorgang unter Schutzgas.

5) Unterpulverschweißen

Bei diesem Verfahren brennt der Lichtbogen zwischen einer Drahtelektrode und dem Werkstück unter einem zugeführten Brennpulver. Die Draht- und Pulverzufuhr, sowie das Ziehen der Schweißnaht erfolgen automatisch. Das Unterpulverschweißen wird häufig im Rohrbau verwendet.



1 Drahtelektrode	6 Schmelzbad
2 Kontaktrohr	7 Schweißgut
3 Pulvertrichter	8 Tropfenübergang im Lichtbogen
4 Schutzgasdüse	9 Grundwerkstoff-Werkstück
5 Schutzgas	10 Schweißrichtung

Abb. 5.6: Unterpulverschweißen⁷⁹

6) Sonderschweißverfahren

6.1) Elektroschlackeschweißen (ES) und Elektrogasschweißen (EG)

Wird nur in Sonderfällen angewendet und ermöglichen sehr hohe Abschmelzleistungen.

6.2) Automatisches Abbrennstumpfschweißen

Wird im Rohrleitungsbau für Rundnähte verwendet und ist durch die Teilprozesse Vorwärmen, Abbrennen und Stauchen gekennzeichnet.

6.3) Laserstrahlschweißen

Dieses Verfahren wird nur im Werk angewendet, wenn das Bauteil während dem Schweißvorgang gedreht werden muss.

Die Ausbildung der Schweißnähte und die Fugenform sind unter anderem vom Werkstoff, der Werkstoffdicke, dem Schweißverfahren und der Beanspruchung der späteren Schweißkonstruktion abhängig.

⁷⁹ Vgl.[8]; S.48

Unabhängig von der gewählten Methode erfolgt das Verbinden der Rohre in einer Arbeitskollonne. In einem ersten Schritt werden die beiden zu verbindenden Schweißfasen mittels Ringbrenner auf ungefähr 100 ° C aufgewärmt. Danach werden sie mit Hilfe einer pneumatischen Innenzentrierung in die richtige Position gebracht.



Abb. 5.7: Ringbrenner⁸⁰

Anschließend wird die erste Schweißkabine über der Verbindungsstelle angeordnet und mit dem Schweißen der Wurzellage begonnen. Danach wird die Innenzentrierung durch das zweite Rohr ins Freie gezogen, das Nächste gemäß zuvor beschriebenem Prozedere ange-setzt und die entsprechenden Arbeitsschritte bis zum Strangende wiederholt.

Im nächsten Schritt wird über die erste Schweißnaht die zweite Schweißkabine angeordnet, um je nach gewähltem Verfahren entweder alle Füll- und Decklagen zu schweißen oder für jede Lage eine eigene Schweißkabine einzusetzen.

⁸⁰ Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)



Abb. 5.8: Schweißkolonne⁸¹

Nach Fertigstellung einer Naht werden auf der angrenzenden Werkisolierung die Schweißnahtnummer, das Schweißerteam und das Datum der Durchführung vermerkt.

5.1.7 Schweißnahtprüfung

Nach Beendigung der Schweißarbeiten werden die Nähte von einem unabhängigen Sachverständigen einer visuellen Kontrolle unterzogen und anschließend mittels zerstörungsfreier Werkstoffprüfung (Ultraschall oder Röntgen) untersucht. Je nach Ergebnis wird die jeweilige Schweißnaht zur Umhüllung freigegeben, eine passende Reparaturmaßnahme festgelegt oder das Herausschneiden einer unbrauchbaren Naht angeordnet. Eine detaillierte Beschreibung der Werkstoffprüfungen erfolgt im Kapitel 5.3.

5.1.8 Nahtumhüllung

Nach der positiv verlaufenden Schweißnahtprüfung erfolgt die Freigabe zur Schweißnahtisolierung mittels geeigneter Umhüllung. Es gibt eine Vielzahl verschiedener Ausführungsformen für die Umhüllung, welche genauer im Kapitel 5.2 beschrieben werden.

Eine weit verbreitete Methode stellt das Aufbringen von Polyethylen-Verbundbändern dar.

⁸¹ Quelle: Susanne Schandl

Hier erfolgt nach dem Reinigen der Naht mittels Sandstrahlgerät ein Voranstrich. Danach wird ein drei-Schicht-Band als Haftband mit Überlappung aufgewickelt. Darauf folgen noch zwei weitere zwei-Schicht-Bänder. Das Wickeln kann dabei per Hand oder auch mechanisch mittels Wickelgerät erfolgen.

5.1.9 Rohrgrabenherstellung^{82,83}

Je nach Art und Lage des Rohrgrabens werden unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich bautechnischer Ausführung und sicherheitstechnischer Maßnahme gestellt. Somit lassen sich folgende Abgrenzungskriterien unterscheiden:

1) Sicherheit

- Rohrgräben, die betreten werden können
- Rohrgräben, die nicht betreten werden können

2) Lage

- Rohrgräben, die innerhalb von Verkehrsflächen liegen
- Rohrgräben, die außerhalb von Verkehrsflächen liegen

3) Standfestigkeit

- Rohrgräben mit senkrechten oder geböschten Wänden
- Rohrgräben mit waagrechttem oder senkrechtem Verbau

Die Dimensionen des Rohrgrabens hängen sowohl von sicherheitstechnischen, als auch von planerischen und konstruktiven Merkmalen ab.

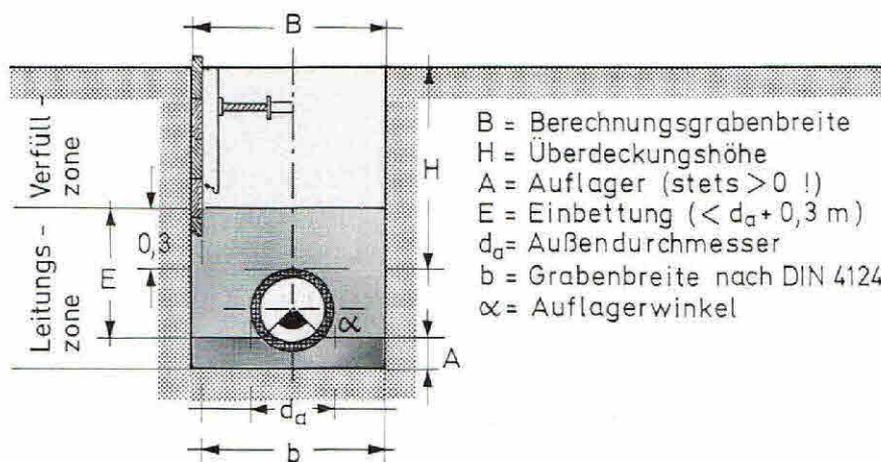


Abb. 5.9: Begriffe am Rohrgraben⁸⁴

⁸² Vgl.[2]; S.56-84

⁸³ Vgl.[10]; S.351-394

⁸⁴ Vgl.[2]; S.60

Die Tiefe richtet sich nach den Vorgaben des Planers oder nach den Auflagen der Behörde und kann entweder als Absolutwert oder Relativ von der vorhandenen Geländeoberkante angegeben werden. Die Breite wird aufgrund der Bestimmungen und Vorschriften hinsichtlich der Arbeitssicherheit festgelegt. Die Mindestbreiten für Rohrgräben sind der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Nicht betretbare Rohrgräben		Betretbare Rohrgräben		
Tiefe [m]	Breite [m]	Rohrdurchmesser [m]	Breite bei verbautem Graben	Breite bei geböschtem Graben
0,70	0,30	bis 0,40 m	d + 0,40	d + 0,40
0,90	0,40	0,40 bis 0,80	d + 0,70	d + 0,40 ($\beta \leq 60^\circ$)
1,00	0,50	0,80 bis 1,40	d + 0,85	
1,25	0,60	> 1,40	d + 1,00	d + 0,70 ($\beta \leq 60^\circ$)

Tab. 5.1: Mindestbreiten von Rohrgräben⁸⁵

An jeder Stelle des Rohrgrabens, an der die einzelnen Rohrstränge miteinander verbunden werden müssen, sind sogenannte Kopflöcher vorzusehen. Diese stellen Arbeitsräume dar und sind aus Sicherheitsgründen flacher zu böschen und mit Fluchtrampen ausgestattet. Zusätzlich sind sie tiefer als die Rohrgräben angelegt, da die Schweißnaht um den gesamten Querschnitt des Rohres rundherum geführt wird und somit auch das Arbeiten unter dem Rohr möglich sein muss. Bei der Wahl der Rohrgrabenabmessungen sollte jedoch beachtet werden, dass sicheres, wirtschaftliches und technisch einwandfreies Arbeiten auch bei ungünstigen, äußeren Bedingungen möglich sein sollte.

Somit stellen die angegebenen Mindestabmessungen nur Richtwerte dar, die abgesehen von Ausnahmefällen, großzügiger dimensioniert werden sollten.

Für den Grabenaushub stehen mehrere Techniken und Geräte zur Auswahl, die von folgenden Bedingungen abhängen:

- Abmessung des Rohrgrabens
- Standsicherheit des Bodens
- Art der Oberfläche
- Mögliche Hindernisse
- Bodenart

⁸⁵ Vgl.[10]; S.361, S.364

Die Entscheidung bezüglich der passenden Aushubtechnik richtet sich nach wirtschaftlichen Überlegungen und der technischen Ausführbarkeit. Es sollte jedoch beachtet werden, dass trotz zahlreich vorhandener maschineller Verfahren nach wie vor Arbeiten von Hand notwendig sind. Dies kann aufgrund beengter Platzverhältnisse oder zum Freilegen von Bestandsleitungen notwendig sein.



Abb. 5.10: Raupenbagger mit Profillöffel⁸⁶

Nachfolgend sind die häufigsten Aushubgeräte kurz zusammengefasst.

Grabenfräse	Eimerrad-Grabenbagger (Ditcher)	Raupen- und Mobilbagger
Geeignet für Gräben bis zu einer Breite von 0,6 m und einer Tiefe bis 2,0 m	Grabenfräse die zusätzlich mit einem rotierendem Schaufelrad am Ausleger ausgestattet ist	Mit Tieflöffel oder Profillöffel, in festem Gestein Einsatz von Aufreißer oder Hydraulik- bzw. Drucklufthammer
Die Fräskette kann auf die jeweilige Bodenart abgestimmt werden	Hebt ein Rechteckiges Profil aus; Zusatzausrüstung zum Böschens der Wände und Glätten der Sohle	Anpassung an Bodenart und örtliche Bedingungen
	Hohe Tagesleistung, genauer Aushubquerschnitt, Anpassung an die Bodenart	Einsatz GPS-gesteuerter Bagger (automatisierte Kontrolle der Rohrachse, Breite und Tiefe)
	Häufigste Verwendung im Pipelinebau	

Tab. 5.2: Aushubgeräte^{87, 88}

⁸⁶ Vgl.[2]; S.67

⁸⁷ Vgl.[2]; S.56-84

⁸⁸ Vgl.[10]; S.351-394

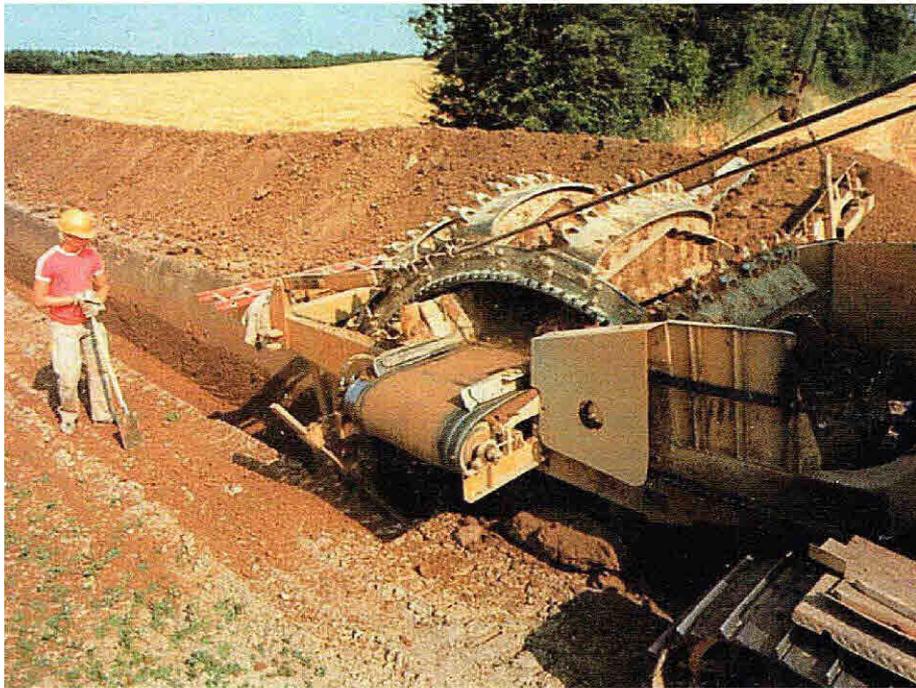


Abb. 5.11: Eimerrad-Grabenbagger (Ditcher)⁸⁹

In felsigen Böden können zusätzlich Auflockerungssprengungen notwendig sein. Diese erfolgen jedoch meist vor der Rohrausfuhr, um eine mögliche Beschädigung dieser zu verhindern.

Die Ausbildung des Rohrgrabens erfolgt aufgrund der geotechnischen Vorerkundung und steht in Abhängigkeit zur Aushubtiefe, der Bodenart, den Grundwasserverhältnissen und den vorhandenen Anlagen (Kabel, Schächte) im Untergrund. Prinzipiell kann jedoch zwischen einem geböschtem und einem verbauten Rohrgraben unterschieden werden. Sofern es die geotechnischen Kriterien erlauben, sollte der geböschtem Variante der Vorzug gegeben werden, da diese meist die Kostengünstigere darstellt. Ein weiterer Vorteil des geböschtem Rohrgrabens liegt darin, dass der Arbeitsbereich frei zugänglich und nicht durch den Verbau beschränkt ist. Die Böschungswinkel betragen je nach Bodenart zwischen 45 ° - 80 °.

In seltenen Fällen erfolgt die Sicherung des Grabens mittels Verbau. Hier stehen der waagrechte und senkrechte Verbau, großflächige Verbauplatten oder Spund- und Trägerbohlwände zur Verfügung. Der Nachteil dieser Variante im Gegensatz zum unverbauten Rohrgraben besteht darin, dass einerseits geringere Tagesleistungen erzielt werden können und dadurch die Investitionskosten steigen, andererseits ist die Herstellung eines Verbaus oft aufgrund der Vielzahl an vorhandenen, zu querenden Anlagen im Untergrund (Leitungen, Kanäle) sehr aufwendig.

⁸⁹ Vgl.[2]; S.64

Die Auswahl der passenden Variante erfolgt jedoch, abgesehen von den bodenabhängigen Erfordernissen, immer aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen und muss für den Einzelfall entsprechend bestimmt werden.

Abschließend wird die Sohle für die Rohrbettung vorbereitet, damit der Strang über die gesamte Länge voll aufliegt. Dazu wird sie, je nach Erfordernis, entweder mittels Rechen aufgeraut, oder ein entsprechendes Bettungsmaterial (Sand, gesiebtes Aushubmaterial) eingebracht. Weiters werden Steine oder andere Fremdkörper aus dem Graben entfernt. Im Fernleitungsbau wird weitgehend auf eine Rohrauflagerung verzichtet.

In Einzelfällen kann sie jedoch notwendig sein und wird mittels Sandsäcken bewerkstelligt. Um bei querströmendem Grundwasser die Barrierewirkung der Rohrleitung zu vermindern, kann sie auch auf einer in Vlies verpackten Drainagekiespackung verlegt werden.

5.1.10 Absenken und Verbinden

Für das Absenken der Rohrstränge werden so genannte Seitenbaumraupen eingesetzt. Diese gehen neben dem Strang in einem Abstand von 1,5 m bis 2,0 m in Stellung und nehmen das Rohr mittels Gurte oder Rollgehänge auf. Auf das freie Ende des Stranges wird eine Rundfeder für den Isolationstest aufgeschoben und die Umhüllung während des Absenkvorganges kontinuierlich auf Schadenfreiheit geprüft. Je nach Dimension der Leitung und der Leistung der Seitenbäume bilden fünf bis sechs Maschinen eine Arbeitskollonne.

Anschließend müssen die beim Vorbau hergestellten Einzelstränge verbunden werden. Diese Nähte werden im Handschweißverfahren in den Kopflöchern des Rohrgrabens hergestellt.



Abb. 5.12: Absenken des Rohrstranges⁹⁰

⁹⁰ Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

5.1.11 Verfüllen des Rohrgrabens⁹¹

Das Verfüllen des Rohrgrabens erfolgt in drei Abschnitten:

- Verfüllen bis zum Rohrscheitel
- Verfüllen bis 20 cm über den Rohrscheitel
- Verfüllen des restlichen Rohrgrabens

Für das Verfüllen bis zum Rohrscheitel wird im Normalfall gesiebtes Aushubmaterial, welches frei von kantigen Steinen und eine leicht bindige Konsistenz aufweisen sollte, verwendet. Dies wird entweder von einer Siebmaschine oder einem Bagger mit Sieblöffel bewerkstelligt. Falls kein geeignetes Aushubmaterial zur Verfügung steht, muss Sand zugeführt werden.

Das Verfüllmaterial wird nach dem Einbringen per Hand mit Hilfe von Schaufeln seitlich unter den Rohrstrang gestopft und dabei möglichst gut verdichtet. Sobald die Verfüllung bis zur halben Höhe des Rohres reicht, können mechanische Verdichtungshilfen wie Rüttelplatten, Vibrationsstamper oder Vibrationswalzen eingesetzt werden. Somit werden Lagen von jeweils 20 cm Stärke bis zum Erreichen des Rohrscheitels eingebaut und verdichtet.



Abb.5.13: Verfüllen des Rohrgrabens⁹²

⁹¹ Vgl.[10]; S.455-459

⁹² Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

Anschließend wird das Schutzrohr für den Lichtwellenleiterkabel (LWL-Kabel) ausgelegt. Diese Leitung dient zur Informationsübertragung, Fernüberwachung und Fernsteuerung. Von einer zentralen Stelle können Drücke, Temperaturen, Mengen überwacht und Armaturen gesteuert werden. Das LWL-Kabel kann entweder neben dem Rohr auf der Grabensohle, auf einem eigens hergestellten Planum oder in einem so genannten Stufengraben verlegt werden. Wird das Kabel auf der Sohle verlegt, muss ein lichter Abstand zwischen Rohr und Kabel von mindestens 30 cm eingehalten werden.

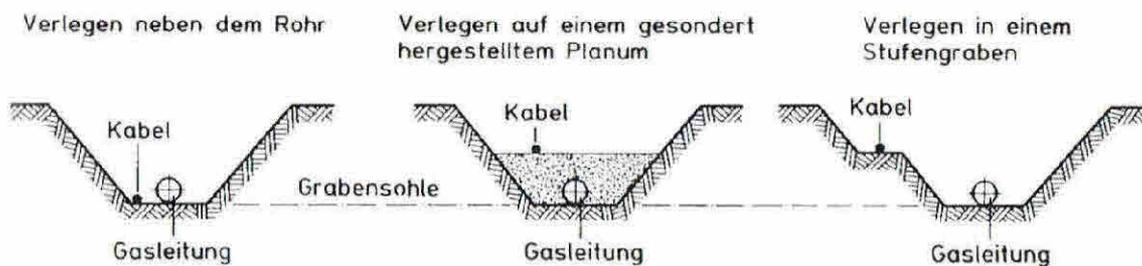


Abb. 5.14: Verlegen des LWL-Schlauchs⁹³

Vor dem Verfüllen des restlichen Rohrgrabens wird die Vermessung der Schweißnähte, der Bögen und der Einbauten vorgenommen. Danach werden mindestens 20 cm, gemessen vom Rohrscheitel, aufbereitetes Verfüllmaterial eingebracht und verdichtet, ehe das restliche Aushubmaterial ohne weitere spezielle Vorbereitung in den Rohrgraben verfüllt und verdichtet wird. Etwa 40 cm über dem Rohrscheitel wird ein Trassenwarnband eingelegt, um bei späteren Grabarbeiten rechtzeitig auf die Leitung aufmerksam gemacht zu werden. Der Abschluss der Verfüllung bildet eine Überhöhung des Rohrgrabens, da sich das Material in den ersten Wochen noch setzen kann.

⁹³ Vgl.[10]; S.459



Abb. 5.15: Verfüllen des Rohrgrabens⁹⁴

5.1.12 Reinigung der Rohrleitung^{95, 96}

Um Störungen des Durchflusses durch Oberflächenverschmutzung und Fremdkörper zu vermeiden und die Sauberkeit des Mediums zu gewährleisten, wird eine Reinigung der Rohrleitung durchgeführt. Hierfür stehen die mechanische Reinigung, sowie ein Verfahren mittels durchströmender Medien (Spülen, Ausblasen) zur Verfügung.

1) Mechanische Reinigung

Die mechanische Reinigung kann mittels durchziehbarer Stahlrundbürsten, sogenannter Igel oder in begehbaren Leitungen mittels Strahlen durchgeführt werden. Letztere dient gleichzeitig als Vorbehandlung für spätere Korrosionsschutzmaßnahmen.

Weiters kann die Reinigung mit mechanischen Molchen erfolgen. Für einfache Reinigungsaufgaben werden meist Schaumstoffmolche aus offenzelligem Polyurethan in unterschiedlicher Dichte verwendet. Für starke Verschmutzung stehen verschiedenste Molche, die im Baukastensystem zusammengesetzt werden zur Verfügung. Hier können am Grundkörper unterschiedliche Scheiben, Dichtlippen und Bürsten, je nach Verschmutzungsgrad angebracht werden.

⁹⁴ Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

⁹⁵ Vgl.[4]; S.61-66; S.822-826

⁹⁶ Vgl.[11]; S.263-285

2) Reinigen mittels durchströmender Medien

Hier stehen folgende Varianten zur Auswahl:

- Spülen: Meist mittels technisch, reinem Wasser
- Ausblasen: Mittels gasförmigen Medien (Dampf, Luft)

Für den Fall, dass ein großer Zeitraum zwischen der Endreinigung und der Inbetriebnahme erwartet wird, besteht die Möglichkeit der Konservierung der Rohrleitung, um einer erneuten Verschmutzung und im speziellen einer Korrosion vorzubeugen. Dies erfolgt durch Füllen der Leitung mit Stickstoff oder einem entsprechendem Konservierungsstoff.

5.1.13 Druckprüfung

Im Anschluss an die Reinigung der Rohrleitung erfolgt die Druckprüfung mittels Wasser nach dem Druck–Temperatur–Messverfahren unter Aufsicht eines unabhängigen Sachverständigen. Abhängig von der Leitungslänge und den geodätischen Verhältnissen wird im Vorfeld die Anzahl der Druckprobenabschnitte festgelegt.

Die Entnahme des Wassers erfolgt nach den Vorgaben des Wasserrechtsbescheides. Die ausführende Baufirma muss jedoch das Wasser bezüglich der Eignung auf die Druckprobe analysieren lassen. Der pH-Wert des Wassers muss hier zwischen 6 und 7,5 liegen und es darf keine Korrosion begünstigenden Eigenschaften aufweisen. Eine genaue Beschreibung der Druckprüfung erfolgt im Kapitel: 5.3.3.

5.1.14 Geometriemessmolchung

Nach Abschluss der Druckprüfung und gegebenenfalls der Reinigung muss die fertige Rohrleitung auf ihre Geometrie untersucht werden. Dies geschieht mittels sogenannter intelligenter Molche. Dieser besteht nicht nur aus einem mechanischem Element, sondern besitzt zusätzlich einen elektronischen Teil um Messdaten zu erfassen, verarbeiten und zu speichern. Hiermit können nicht nur Geometriedaten, sondern auch ein eventuell erfolgter Materialabtrag gemessen, Risse und Leckagen aufgefunden und eine optische Untersuchung mittels Videotechnik durchgeführt werden.

Bezüglich der Geometrie sind folgende Grenzwerte einzuhalten:

- Maximale Unrundheit: 4 %
- Maximale Durchmessererminderung (Beule): 3 %



Abb. 5.16: Geometriemessmolch⁹⁷

Wird einer dieser Werte überschritten, muss die Leitung freigelegt und der Fehler beseitigt werden.

Der Molchlauf erfolgt mit Pressluft und entsprechendem Gegendruck, damit die Molchgeschwindigkeit geregelt werden kann (10-20 m/Minute). Eine Vorauswertung erfolgt bereits nach Abschluss der Arbeiten auf der Baustelle. Innerhalb von sieben Tagen liegt dann der Endbericht vor, der von einem unabhängigen Sachverständigen beurteilt wird.

5.1.15 Leitungstrocknung

Wie zuvor beschrieben werden mittels Pressluft und Gegendruck (zur Geschwindigkeitsregulierung) Schaumstoffmolche durch die Leitung geführt, die einerseits Restwasser aus der Leitung aufnehmen und andererseits das verbleibende Wasser als dünnen Film an der Rohrwand verteilen, um den späteren Verdunstungsvorgang zu erleichtern. Anschließend wird trockene und komprimierte Luft durch die Leitung geblasen.

An der Sendeschleuse wird der von der Trocknungsanlage geforderte Taupunkt der Luft von -25 °C gemessen und mit dem an der Empfangschleuse verglichen. Sobald an der Endstelle der gewünschte Wert von -25 °C erreicht wird, ist die Trocknung beendet. Die Leitung wird beiderseits verschlossen und nach 24 Stunden eine Kontrollmessung durchgeführt. Wird hier erneut ein Taupunkt von -25 °C erreicht, ist die Trocknung erfolgreich abgeschlossen.

⁹⁷ Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

Die Fernleitung sollte nun so rasch wie möglich an ihren Endpunkten in das System eingebunden werden.

Die Trocknung der Leitung ist jedoch nur für Gasleitungen relevant. Bei Pipelines für Mineralöl muss das Wasser vor Inbetriebnahme lediglich aus der Leitung entfernt werden.

5.1.16 Wiederherstellung der Oberfläche und Rekultivierung⁹⁸

In bindigen Böden und infolge des Befahrens einer Vielzahl an schweren Geräten, kann eine Auflockerung der Trasse notwendig sein. Dies wird meist mittels Kettendozer mit angebau-tem Mehrfach-Aufreißhaken durchgeführt. Danach wird der Mutterboden mit Hilfe einer Planier- raupe oder mit Hydraulikbagger und Laderaupe wieder aufgebracht.

Falls notwendig erfolgt anschließend die Wiedereinsaat von Grünflächen und die Neube- pflanzung. Alle diese Arbeiten erfolgen jedoch in Abstimmung mit den zuständigen Behör- den (Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Wasserwirtschaft, Naturschutz) und den Grundstücks- eigentümern.

Anschließend werden in Abstimmung mit dem Bauunternehmen, dem Vermesser und dem Betreiber der Fernleitung sogenannte Marker gesetzt. Diese dienen der Kennzeichnung des unterirdisch verlegten Rohres und enthalten den Leitungsnamen, die Überdeckung sowie den seitlichen Abstand zur Rohrachse.



Abb. 5.17: Marker⁹⁹

⁹⁸ Vgl.[2]; S.87-103

⁹⁹ Quelle: Dipl.-Ing. Roswitha Degen (ILF-Mitarbeiterin)

Am Ende der Rekultivierung steht die Abnahme des Grundstückes durch den Eigentümer.

Zuletzt erfolgt die Grenzurückgabe, welche von extern beauftragte Geometer durchgeführt wird. Hier bestätigt der Eigentümer, dass sich die vor den Arbeiten angetroffenen Grenzmarkierungen, die eventuell im Zuge der Baumaßnahme entfernt werden mussten, wieder an der richtigen Stelle befinden.

Die nachfolgende Tabelle zeigt eine kurze Zusammenfassung der einzelnen Arbeitsschritte mit Unterscheidung zwischen der Rekultivierung einer landwirtschaftlich genutzten Fläche und eines Waldgrundstückes:

Landwirtschaftlich genutzte Fläche		Waldgrundstück	
1	Herstellen des Grobplanums	1	Herstellen des Grobplanums
2	Kalken oder Aufbringen einer Calciumcarbonat / Magnesiumcarbonat - Mischung (je nach Vorgabe)	2	Mulchfräsen bis zu einer Tiefe von 30 cm (je nach Vorgabe)
3	Tiefenlockern des Arbeitsstreifens auf eine Tiefe von 30 cm - 50 cm	3	Aufbringen des Oberbodens (falls vorhanden)
4	Entsteinen des Arbeitsstreifens bis zu einer Tiefe von 20 cm	4	Herstellen eines saatbeefertigen Zustandes
5	Aufbringen des Mutterbodens	5	Begrünen (in Abstimmung mit den zuständigen Behörden)
6	Tiefenlockern (bis etwa 70 cm)		
7	Herstellen eines saatbeefertigen Zustandes		

Tab. 5.3: Übersicht der Arbeitsschritte zur Rekultivierung¹⁰⁰

5.1.17 Dokumentation

Die Rohrleitungsdokumentation verfolgt das Ziel den Betrieb und die Instandhaltung zu gewährleisten und stellt den Lage- und Bestandsnachweis dar. Nachfolgend wurden die notwendigen Unterlagen tabellarisch zusammengefasst:

¹⁰⁰ Vgl.[2]; S.87-103

Qualitätsmanagement Dokumentation	Betriebshandbücher	Zeichnungsdokumentation
Einreichunterlagen	As-Built-Pläne der Stationen	Aufbereitung der GIS - Daten
Bestätigung bezüglich der Einhaltung behördlicher Auflagepunkte	As-Built-Pläne der Fernleitung (Bestandstrassen, Bestandsdetailpläne, Bestandslängenschnitte)	Aufbereitung aller Bestandspläne in digitaler Form
Kollaudierungsoperete	Bedienungsanleitungen diverser Geräte	Vermessungsdokumentation
Statische Nachweise	Listen für Armaturen, Rohrleitungen, etc.	Finale Planliste
Materialatteste und ATEX-Bescheinigung (gemäß Explosionsschutzrichtlinie)	Rohrbuch	Finales Rohrbuch
Produktdatenblätter	Ersatzteillisten	
TÜV-Schlussbescheinigung	R&I - Schema	
Abnahmeprotokolle		

Tab. 5.4: Übersicht der Dokumentationsunterlagen

5.2 KORROSIONSSCHUTZ^{101, 102}

Korrosion ist eine von der Oberfläche ausgehende Zerstörung von Werkstoffen, die durch eine chemische und elektrochemische Reaktion mit ihrer Umgebung hervorgerufen wird. Bei Metallen laufen alle Korrosionsprozesse in Gegenwart von Wasser und Sauerstoff ab. Wenn zusätzlich physikalische Faktoren einwirken, können folgende Schädigungsarten entstehen:

- Erosionskorrosion: Korrosion und Erosion (abrasive Wirkung von Festkörperteilchen)
- Kavitationskorrosion: Korrosion und Kavitation (implodierende Gasblasen)
- Spannungsrisskorrosion: Korrosion und Einwirkung von statischen Zugspannungen
- Ermüdungskorrosion: Korrosion und dynamische Belastung
- Streustromkorrosion: Korrosion durch Einwirkung von Gleich- und Wechselstrom

In der nachfolgenden Abbildung wurden die im Rohrleitungsbau am häufigsten vorkommenden Korrosionsformen inklusive ihrer Schadensbilder dargestellt.

¹⁰¹ Vgl.[4]; S.709-749

¹⁰² Vgl.[10]; S.643-716

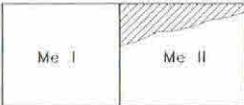
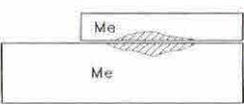
Korrosionsform	Erscheinungsform	Schadensbild
Wasserstoff- und Sauerstoffkorrosion	gleichmäßiger flächiger Abtrag	
Kontaktkorrosion	ungleichmäßiger Abtrag	
selektive Korrosion	ungleichmäßiger Abtrag	
Spaltkorrosion	ungleichmäßiger Abtrag	
Lochkorrosion	ungleichmäßiger Abtrag	
interkristalline Korrosion	Korrosion an den Korngrenzen	
transkristalline Korrosion	Korrosion innerhalb der Kristallite	
Spannungsrisskorrosion	baumförmige Rissbildung	

Abb. 5.18: Korrosionsformen und ihr Erscheinungsbild¹⁰³

Der Korrosionsschutz trägt sowohl zur Sicherheit der Anlage als auch zum Gesundheits- und Umweltschutz bei. Da durch geeignete Maßnahmen Korrosionsverluste von 50 % bis 99 % gesenkt werden können, sollte dieser schon während der Planung berücksichtigt werden.

Abgesehen von der Wahl des passenden Werkstoffes sollte auch darauf geachtet werden, innerhalb eines Rohrleitungsabschnittes nicht verschiedene Metalle zu verwenden, da sie unterschiedlich auf Korrosion reagieren können und deswegen auch auf verschiedenste Weise gegen Korrosion behandelt werden müssen.

¹⁰³ Vgl.[4]; S.711.

Um den Abtrag und somit die Lebensdauer eines Rohres ermitteln zu können, stehen verschiedene Arten zur Messung von Innen- und Außenkorrosion zur Verfügung die nachfolgend kurz vorgestellt werden:

1) Gravimetrische Methode:

Diese stellt die älteste und bekannteste Methode dar. Es wird eine Vergleichsprobe aus dem gleichen Material wie das Rohr eingebracht. Nach einem festgelegten Zeitraum wird der Masseverlust der Probe ermittelt und so auf den Oberflächenabtrag umgerechnet. Mit dieser Methode kann auf die Restnutzungsdauer geschlossen werden.

2) Corrosimeterverfahren (ER-Verfahren)

Hier wird eine Drahtschleife aus dem Rohrwerkstoff eingebaut und der elektrische Widerstand (Nullwert) gemessen. Ein Abtrag der Oberfläche bewirkt auch eine Änderung des Widerstandes und es kann mit Hilfe des Differenzwertes auf die Korrosionsgeschwindigkeit und somit die Restlebensdauer geschlossen werden.

3) Corratervverfahren (LPR-Verfahren)

Bei diesem Verfahren werden die elektrochemischen Vorgänge an der Oberfläche gemessen, mit dessen Hilfe man Aussagen bezüglich der Korrosionsgeschwindigkeit, des Abtrages und der Restlebensdauer treffen kann.

4) CoulCount-Verfahren

Hier wird das elektrochemische Rauschen eines Systems Elektrolyt-Metall als Indikator für Korrosion genutzt.

5.2.1 Passiver Korrosionsschutz

Die Aufgabe des passiven Korrosionsschutzes liegt in der Trennung der Rohrleitung von den Angriffsmitteln, der Elektrolytlösung des Erdbodens und dem Sauerstoff.

Zum Schutz vor atmosphärischer Korrosion reichen bereits Beschichtungssysteme auf Epoxidharz- oder Polyurethanbasis aus, die hingegen für erdverlegte Leitungen nicht geeignet sind. Hierfür werden Kunststoffumhüllungen aus thermoplastischen, duroplastischen oder bituminösen Kunststoffen sowie Zementmörtelauskleidungen eingesetzt. Letztere finden ihre Anwendung hauptsächlich als Innenschutz von flüssigkeitsführenden Leitungen.

Die geeignete Umhüllung und deren Schichtdicke werden von der Bodenart und der Nennweite bestimmt.

a) Werksumhüllung

Diese besteht meist aus thermoplastischen Kunststoffen wie Polyethylen (PE) oder duroplastischen Kunststoffen wie Epoxidharz (EP), da sie eine höhere mechanische Festigkeit, sowie chemische und physikalische Vorteile gegenüber anderen Umhüllungsmaterialien aufweisen.

PE-Umhüllungen werden in der Regel mittels Pulverschmelzverfahren, dem Schlauchverfahren oder dem Wickel-Extrusionsverfahren aufgebracht.

Werksumhüllungen sind den entsprechenden Gegebenheiten anzupassen und gemäß den Regelwerken auszuführen, so dass sie den Transport, die Verlegung und die Verfüllung schadlos überstehen.

b) Baustellenumhüllung

Baustellenumhüllungen werden mit Korrosionsschutzbinden, die einen hohen spezifischen Umhüllungswiderstand, geringe Sauerstoff- und Wasserdampfdurchlässigkeit, hohe Schlagbeständigkeit und hohen Erddruckwiderstand aufweisen, hergestellt.

Nach dem Verschweißen auf der Baustelle, muss der entsprechende Bereich mittels Propangasflamme erwärmt und gereinigt werden. Nach dem Aufbringen des Voranstriches, werden die Binden mit Überlappung in mehreren Lagen, in Abhängigkeit des Umhüllungsmaterials, aufgebracht. Abschließend erfolgt eine Überprüfung auf Fehlstellen mit Hilfe eines Hochspannungsgerätes.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Einteilung der Baustellenumhüllungen.

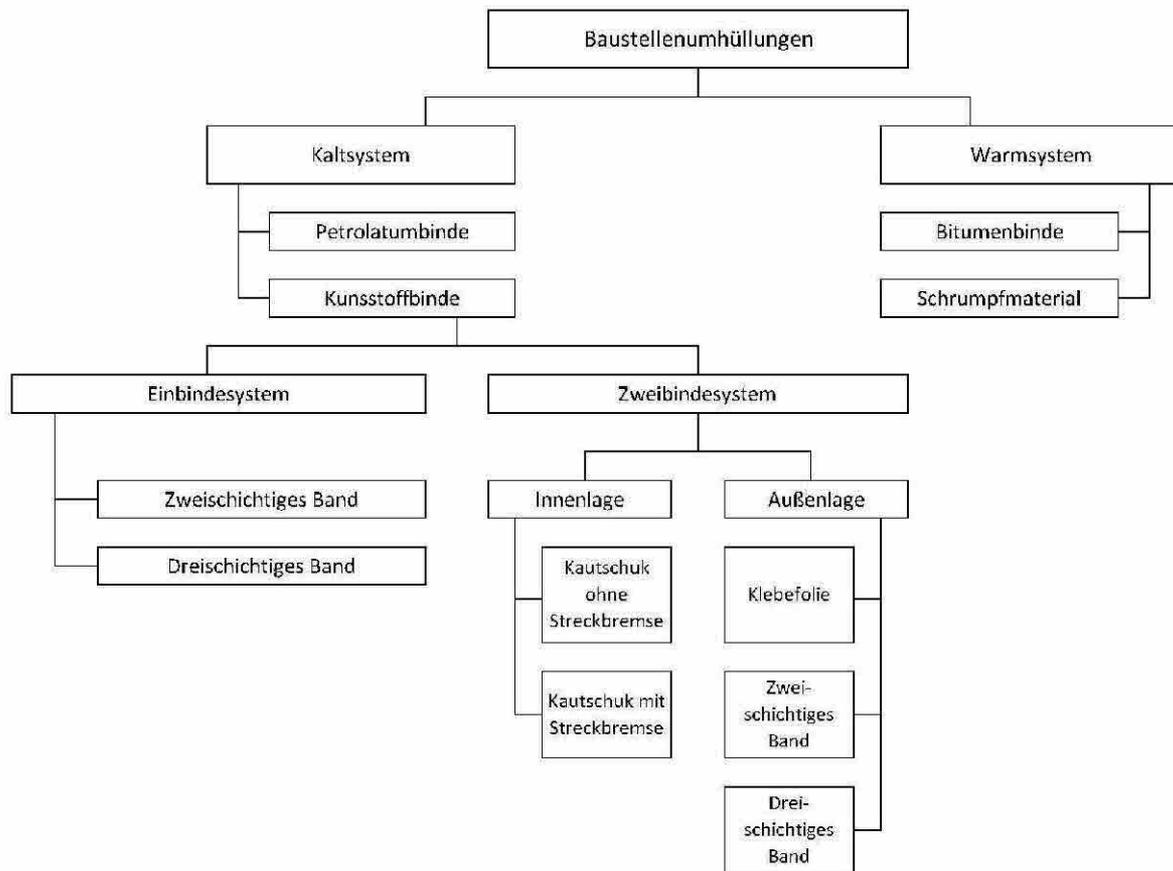


Abb. 5.19: Einteilung der Baustellenumhüllungen¹⁰⁴

Petrolatumbinden:

Unter Petrolatum versteht man den salbenartigen Rückstand aus der Erdöldestillation. Petrolatumbinden besitzen den Vorteil der leichten Verarbeitbarkeit und sind auch im Gegensatz zu anderen Umhüllungsmaterialien für unebene Oberflächen geeignet. Ihr Nachteil liegt in der geringen Beständigkeit gegenüber mechanischen Belastungen.

Bitumenbinden:

Bitumenbinden waren bis zur Ablöse durch Polyethylenbinden das klassische Umhüllungssystem bei Stahlrohrleitungen und werden heute nur mehr für Reparaturen und im Behälterbau eingesetzt. Ihr Nachteil liegt in der schwierigen Verarbeitung von Bitumen auf der Baustelle und der geringen chemischen, physikalischen und biologischen Beständigkeit.

Kunststoffbänder:

Diese werden ohne eine Wärmequelle verarbeitet und bestehen aus Butylkautschukmassen mit Polyethylenfolie und Haftschnmelzkleber. Der Korrosionsschutz wird durch den Butylkautschuk gewährleistet.

¹⁰⁴ Vgl.[10]; S.660

Die Moleküle der Oberfläche der einzelnen Lagen dieses Materials verwachsen nach einiger Zeit zu einer homogenen Schicht, so dass eine hohlraumfreie Umhüllung entsteht. Dieser Vorgang wird auch Selbstverschweißung genannt.

Aufgrund dieses Fließverhaltens weist Butylkautschuk einen geringen Widerstand gegen das Eindringen von Festkörpern auf. Der notwendige mechanische Schutz wird von der PE-Folie übernommen. Der Haftschnmelzkleber verbindet die beiden Materialien miteinander und eine eventuell eingebaute Steckbremse verhindert die unzulässige Überdehnung des Bandes.

Schrumpfmaterialien:

Es werden meist Thermoplaste (Polyethylen) eingesetzt, welche durch die Bestrahlung mit energiereichen Elektronen die Molekularstruktur ändern, sich vernetzen und ausdehnen. Unter erneuter Wärmeeinwirkung versucht das Material in seine ursprüngliche Form zurückzukehren. Dieser Effekt wird bei der Herstellung der Umhüllung genutzt und solange wiederholt, bis sie überall gleichmäßig geschrumpft ist und eben anliegt.

5.2.2 Aktiver Korrosionsschutz

Der Aktive Korrosionsschutz der auch kathodischer Korrosionsschutz genannt wird, stellt ein elektrochemisches Verfahren zum Schutz metallischer Oberflächen vor Angriffen durch Elektrolyte aus dem Erdboden dar. Dabei geht Eisen als positives Ion in Lösung, was einem austretenden Strom entspricht. Das Prinzip des kathodischen Korrosionsschutz liegt somit darin, das Potential des Rohres soweit abzusenken, dass die Eisenionen nicht mehr in Lösung gehen können. Als Kriterium für den kathodischen Schutz gilt das Schutzpotential, welches die Menge an Strom bestimmt, die benötigt wird um Korrosion zu verhindern.

Anwendung findet dieses Verfahren häufig bei umhüllten oder beschichteten Leitungen, bei denen der Aktive Korrosionsschutz den Schutz der Umhüllungsfehler, die während des Bauablaufes nicht entdeckt wurden oder mit der Zeit entstehen, übernimmt.

Die Schutzwirkung kann erreicht werden durch:¹⁰⁵

- Aufheben einer Gefährdung durch elektrische Gleichströme aus galvanischen Elementen mittels elektrischer Trennung
- Aufheben einer Gefährdung durch fremde elektrische Gleichströme mittels Ableitung der Gleichströme
- Gezieltes Einwirken von elektrischen Gleichströmen am Schutzobjekt zur Unterbindung der Korrosion

Der kathodische Korrosionsschutz kann aber nur unter folgenden Bedingungen angewendet werden:¹⁰⁶

- Die Rohrleitung muss von einem Elektrolyt umgeben sein, d.h. es können nur Rohrleitungen geschützt werden, die erd- oder wasserverlegt sind.
- Die Leitung muss innerhalb eines Schutzbereiches durchgängig elektrisch leitend sein, d.h. alle nicht sicher elektrisch leitenden Rohrverbindungen und Ausrüstungsteile (z.B. Muffenverbindungen, Weichstoffkompensatoren, Flanschverbindungen, Stopfbuchsen) sind in Messstellen elektrisch zu überbrücken.
- Die Umhüllung muss einen ausreichenden elektrischen Widerstand aufweisen, d. h. vor der Inbetriebnahme des kathodischen Korrosionsschutzes ist die Rohrleitung auf Fehlstellen zu prüfen.
- Die Rohrleitung muss von allen niederohmig geerdeten Anlagen galvanisch getrennt sein. Das bedeutet die elektrische Trennung der Rohrleitung von Erdersystemen und anderen Leitungssystemen durch Einbau von Isoliertrennstellen, sowie von Trenntransformatoren zur Trennung der Rohrleitung vom elektrischen Netz.

Nachfolgend werden die verschiedenen Arten des kathodischen Korrosionsschutzes vorgestellt.

a) Kathodischer Korrosionsschutz durch galvanische Anoden

Dieses Verfahren wird für kurze Rohrleitungsabschnitte oder zum lokalen Schutz von Stahlmantelrohren eingesetzt. Hier wird eine galvanische Anode in einer Messstelle mit der Leitung kurzgeschlossen.

¹⁰⁵ Vgl.[4]; S.734

¹⁰⁶ Vgl.[4]; S.734

Dabei wird das Potential des Rohres verschoben, so dass die galvanische Anode bei Angriff in Lösung geht und somit geopfert wird. Aus diesem Grund wird sie auch Opferanode genannt. Sie besteht meist aus Aluminium, Zink oder Magnesium.

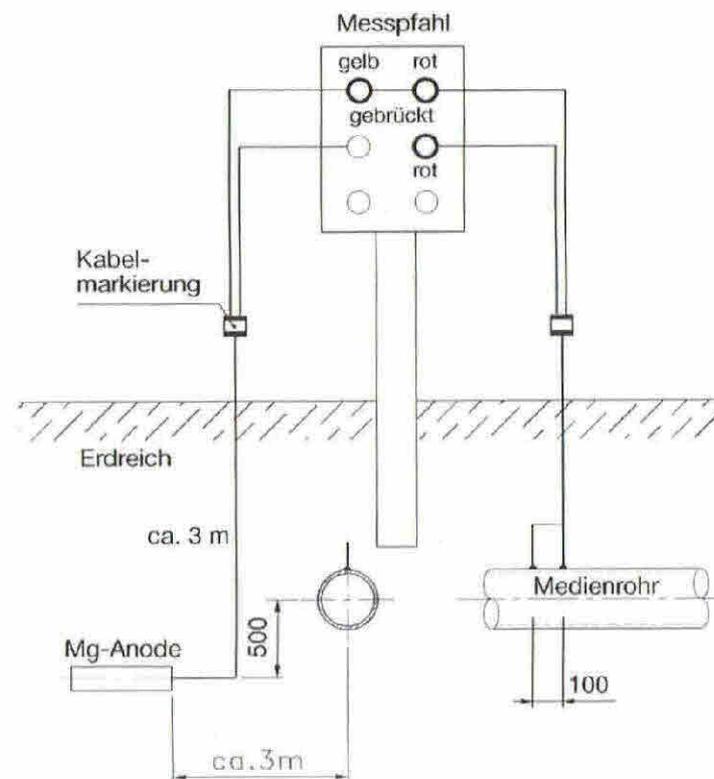


Abb.5.20: Schema Kathodischer Korrosionsschutz mittels Opferanode¹⁰⁷

b) Kathodischer Korrosionsschutz mit Fremdstrom

Diese Variante entspricht dem Standardverfahren. Die zum Schutz der Leitung erforderliche Energie wird durch externe Stromquellen zugeführt. Dadurch bildet sich eine elektrochemische Doppelschicht, welche die Korrosion verhindert. Im Gegensatz zu dem vorgenannten Verfahren mittels galvanischer Anode, können auch längere Strecken bis zu 100 km vor Korrosion geschützt werden.

¹⁰⁷ Vgl.[4]; S.735

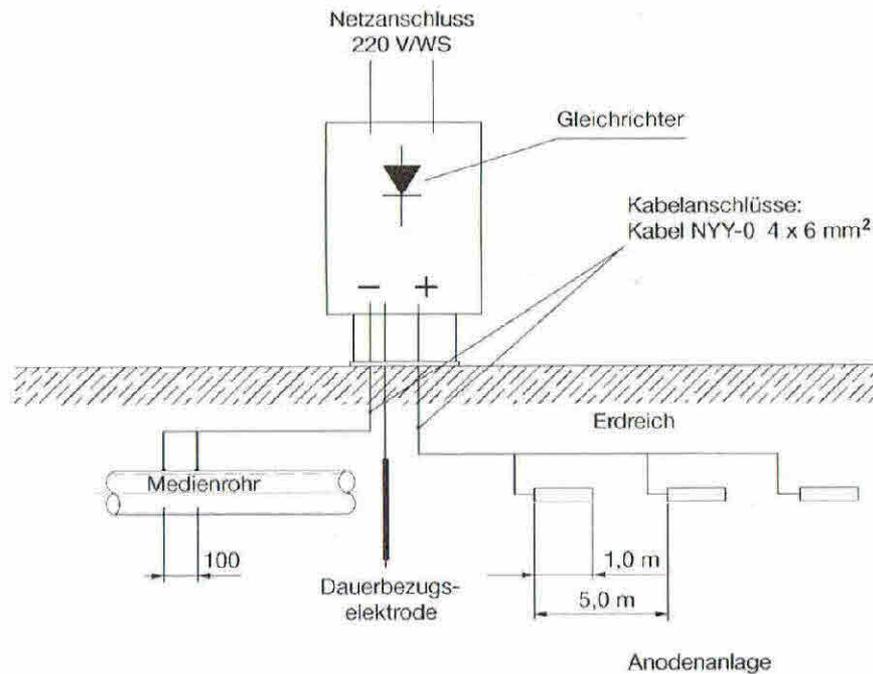


Abb.5.21: Schema Kathodischer Korrosionsschutz mit Fremdstrom¹⁰⁸

c) Kathodischer Korrosionsschutz bei Streustromeinfluss

Streustrom bezeichnet Gleich- und Wechselstrom der durch elektrische Anlagen (z.B. Gleichstrombahnen, Erdungsanlagen) im Erdreich austritt. Abhilfe kann mittels netzgespeister Schutzgleichrichter geschaffen werden.

Da schon nennenswerte Schädigungen innerhalb eines Jahres aufgrund von Streustrom auftreten können, sollten die entsprechenden Schutzeinrichtungen nur von erfahrenen Fachleuten geplant und ausgeführt werden.

d) Kathodischer Korrosionsschutz bei Wechselstromeinfluss

In der Nähe von Wechselstromanlagen können die Leitungen ebenfalls durch Korrosion geschädigt werden. Der Mechanismus dieses Vorganges wurde jedoch noch nicht vollständig geklärt. Die Gefährdung durch Korrosion kann nur durch Verminderung der Wechselstromspannung erfolgen, was durch das Erden der Leitung bewerkstelligt wird.

¹⁰⁸ Vgl.[4]; S.736

5.3 PRÜFUNGEN^{109, 110}

Die Materialprüfungen, welche bei der Herstellung im Werk durchgeführt werden, sind in der *ÖNORM EN ISO 3183 ERDÖL- UND ERDGASINDUSTRIE-STAHLOHRE FÜR ROHRLEITUNGSTRANSPORTSYSTEME* beschrieben und werden im Zuge dieser Arbeit nicht gesondert behandelt.

5.3.1 Prüfung der Schweißnähte auf der Baustelle

Da an Rohrleitungen und damit auch an deren Schweißnähte hohe Anforderungen gestellt werden, müssen sie strengen Kontrollen und umfangreichen Prüfungen während der Ausführung unterzogen werden. Prinzipiell kann man zwischen zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfungen unterscheiden.

a) Zerstörende Prüfungen

Zu Beginn der Schweißarbeiten werden eine oder mehrere Testnähte zerstörend geprüft. Diese kann entweder eigens geschweißt oder aus der laufenden Produktion entnommen werden. Die Anzahl der zu prüfenden Nähte liegt im Ermessen des unabhängigen Sachverständigen. Zu den Prüfverfahren zählen die Zugprüfung in Längs- und Querrichtung, die Biegeprüfung, die Kerbschlagbiegeprüfung, die Makroschliffuntersuchung und die Härteprüfung.

b) Zerstörungsfreie Prüfungen

Hierzu gehören die Sichtprüfung, die Oberflächenrissprüfung, die Eindringprüfung, die Magnetpulverprüfung, die Härteprüfung, die Durchstrahlprüfung und die Ultraschallprüfung. Vor den Schweißarbeiten werden die ca. ersten 100 Nähte und zu Beginn jeder neuen Schweißdekade die Nähte des ersten Tages einer zerstörungsfreien Prüfung unterzogen. Die genau Anzahl und Art der Prüfung kann jedoch variieren, da sie für den Einzelfall vom zuständigen Sachverständigen festgelegt wird.

Sichtprüfung und Oberflächenrissprüfung:

Die Sichtprüfung stellt das einfachste Verfahren dar und liegt im Aufgabenbereich der Bau- und Schweißaufsicht.

¹⁰⁹ Vgl.[4]; S.669-675

¹¹⁰ Vgl.[10]; S.527-534

Hier wird sowohl die Nahtgeometrie (Decklagenbreite und –höhe, Wurzeldurchhang, Decklangenüberhöhung, Kantenversatz) als auch die Nahtoberfläche auf Unregelmäßigkeiten überprüft. Ergänzend dazu erfolgt die Oberflächenrissprüfung, bei der Risse die mit freiem Auge nicht erkennbar sind, lokalisiert werden können.

Eindringprüfung (PT) und Magnetprüfung (MT):

Diese Verfahren werden meist zur Prüfung an rissgefährdeten Stellen eingesetzt.

Härteprüfung:

Mit Hilfe dieses Verfahrens wird hauptsächlich die Wirksamkeit von Wärmebehandlungen mittels spezieller stationärer Geräte ermittelt.

Durchstrahlungsprüfung (RT):

Hier kann die Prüfung mittels Röntgen- oder Gammastrahlen erfolgen. Da es eines der zuverlässigsten Verfahren darstellt, wird es am häufigsten eingesetzt. Hiermit lassen sich sowohl Oberflächenfehler, als auch Unregelmäßigkeiten bezüglich der Schweißnaht feststellen. Ein weiterer Vorteil dieses Verfahrens stellt die bildliche Darstellung der Fehler dar.

Ultraschallprüfung (UT):

Dieses Verfahren kann flächenhafte Unregelmäßigkeiten wie Bindefehler darstellen. Wegen der gefahrlosen Arbeit während der Ausführungsarbeiten und der leicht zu transportierenden Gerätetechnik, zählt es, wie die Durchstrahlungsprüfung, zu den am häufigsten genutzten Prüfverfahren.

5.3.2 Prüfung der Rohrumhüllung und Schweißnahtumhüllung auf der Baustelle^{111, 112}

Zur Qualitätskontrolle gehört ebenfalls die Überprüfung der Rohr- und Schweißnahtumhüllung, also dem Nachweis der Wirksamkeit des passiven Korrosionsschutzes.

a) Prüfverfahren für den passiven Korrosionsschutz

Die Prüfung von Beschichtungen und Umhüllungen kann sowohl im Werk als auch auf der Baustelle erfolgen. Die nachfolgenden Verfahren werden jedoch nur im Zuge des Bauablaufes eingesetzt.

¹¹¹ Vgl.[4]; S.731-749

¹¹² Vgl.[10]; S.693-704

Schichtdickenmessung:

Die Messung der Schichtdicke erfolgt mittels magnetischer Messgeräte. Grundlage der Messung besteht in der Veränderung des Magnetfeldes bei unterschiedlicher Schichtstärke.

Prüfung der Porenfreiheit:

Die Porenfreiheit einer Umhüllung wird mittels Hochspannungsgeräten überprüft. Es wird zwischen dem Rohr und einer Elektrode eine Hochspannung angelegt und die gesamte Leitung bestrichen. Schäden an der Umhüllung zeigen sich als Durchschläge oder werden mittels akustischen Signals angezeigt.

Fehlstellensuche an verlegten Rohren:

Die zu prüfende Leitung wird mit Gleich- oder Wechselstrom beaufschlagt. Dies erzeugt um das Rohr ein elektrisches Feld, das im Bereich von Fehlstellen verzerrt auftritt. Die Auswertung der Messergebnisse erfordert jedoch reichliche Erfahrung.

b) Prüfverfahren für den aktiven Korrosionsschutz

Diese Verfahren basieren auf den in der Elektrotechnik üblichen Methoden der Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessungen. Man kann vier Arten unterscheiden:¹¹³

- Messungen, die die Funktion der konstruktiven Elemente des Korrosionsschutzsystems bestätigen. Dazu gehören insbesondere Fehlerortungsmessungen.
- Messungen, die den Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes an den Beschädigungen der Umhüllung liefern. Hierzu gehören insbesondere Intensivmessungen.
- Messungen, die die Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes überwachen. Hierzu gehören z.B. alle Messungen, die im Rahmen einer fernwirktechnischen Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes durchgeführt werden.
- Messungen, mit deren Hilfe die Beeinflussung erdverlegter Anlagen durch den kathodischen Korrosionsschutz anderer Anlagen ermittelt wird.

Potentialmessung:

Hier wird das Potential der Stahloberfläche ermittelt und mit dem Schutzpotential verglichen. Dieses Verfahren stellt die wesentlichste Messung zum Nachweis des kathodischen Korrosionsschutzes dar.

¹¹³ Vgl.[10]; S.694

Da die Auswertung der Ergebnisse einiges an Erfahrung verlangt, sollte sie nur von speziellen Fachleuten durchgeführt werden.

Potentialgradientenmessung:

Sie wird auch Spannungstrichtermessung genannt. Damit wird der Spannungsabfall im Erdboden durch den Eintritt in eine Fehlstelle ermittelt. Dieses Verfahren wird auch zum Lokalisieren von Umhüllungsschäden verwendet.

Widerstandsmessung:

Mit Hilfe dieses Verfahrens wird überprüft, ob eine elektrische Trennung zwischen der Rohrleitung und anderen niederohmig geerdeten Anlagen, wie zum Beispiel Verdichterstationen oder Mantelrohre, vorliegt. Es werden somit die Isolierstücke und Abstandshalter auf ihre Funktionstüchtigkeit untersucht.

Strommessung:

Hier werden die Rohrströme aus dem Spannungsabfall und dem Widerstand eines Leitungsabschnittes, mittels Mikrovoltmeter mit ausreichender Wechselstromdämpfung, gemessen. Dies dient der Überwachung des kathodischen Korrosionsschutzes und der Ermittlung von Fehlstellen.

Intensivmessung:

Das Ziel dieser Messung besteht in der Überprüfung der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes an Stellen, an denen die Umhüllung Schäden aufweist. Die Methode dieses Verfahrens basiert auf der Potentialmessung. Die Intensivmessung wird nach der Inbetriebnahme des kathodischen Korrosionsschutzes an einer neu verlegten Rohrleitung durchgeführt und kann in zwei Arbeitsschritte unterteilt werden. In einem ersten Schritt erfolgt die Fehlerortung und anschließend wird die Potentialmessung durchgeführt. Die Teilung der Messung in zwei Abschnitte erfolgt heute meist aufgrund wirtschaftlicher Überlegungen, da die immer besser werdende Werkstofftechnik dazu führt, dass nur mehr wenige Fehlstellen in der Umhüllung auftreten. Somit wird nach der Fehlerortung, die Potentialmessung nur mehr im Bereich der Schadstellen und nicht über die gesamte Leitung, durchgeführt.

5.3.3 Druck- und Dichtheitsprüfung der verlegten Rohre^{114,115}

An der fertig verlegten Leitung muss vor der Inbetriebnahme eine Druck- und Dichtheitsprüfung durchgeführt werden. Diese kann mittels Luft, Wasser oder Betriebsgas erfolgen. Wenn die zu prüfende Rohrstrecke in mehrere Abschnitte geteilt wird, so werden diese mit provisorischen Molchschleusen inklusive der entsprechenden Anschlussstutzen verschlossen.

Im Fernleitungsbau wird meist Wasser als Prüfmedium eingesetzt. Nur kurze Rohrstrecken werden mit Luft oder Gas geprüft. Hier müssen jedoch besondere Sicherheitsvorschriften eingehalten werden, da gasförmige Medien an undichten Stellen explosionsartig austreten können.

Die Dichtheits- und Festigkeitsüberprüfung kann entweder gleichzeitig oder getrennt in zwei separaten Prüfdurchgängen erfolgen.

Für Öl- und Gasfernleitungen entspricht der Prüfdruck mindestens dem 1,25 fachen des maximalen Betriebsdruckes, jedoch nicht über 98 % der Streckgrenze.

Alternativ zur Druckprüfung kann der Stresstest angewendet werden. Hiermit wird nicht nur die Dichtheit und Festigkeit überprüft, sondern das Rohr in einen spannungsmäßig günstigen Zustand versetzt. Damit soll ein Spannungsausgleich bewirkt werden, das heißt der Werkstoff wird bis über die Streckgrenze beansprucht.

Während dem Prüfvorgang muss die Rohrgrabenverfüllung über die gesamte Strecke im Querschnitt zu 60 % vorhanden sein. Laut den Regelwerken muss der Prüfdruck über 24 Stunden gehalten werden und der Verlauf dokumentiert werden.

5.4 STATIONEN¹¹⁶

Der Bau der Stationen unterscheidet sich wesentlich von den einzelnen Arbeitsschritten wie sie zuvor beschrieben wurden. Nach den Erdarbeiten beginnt der Bau der Fundamente. Üblicherweise werden die Einzelfundamente der Armaturengruppe auf einer gemeinsamen Fundamentplatte angeordnet. Die Montage der Instrumente, Armaturen und Rohrteile erfolgt außerhalb der Baugrube, die nach Fertigstellung mittels Kran auf die Fundamente abgesenkt werden.

¹¹⁴ Vgl.[4]; S.820-822

¹¹⁵ Vgl.[10]; S.587-619

¹¹⁶ Vgl.[3]; S.156-157; S.360-361



Abb. 5.22: Einheben einer Station¹¹⁷

Diese werden anschließend auf den Betonfundamenten mit zwischenliegenden Isolierplatten aus PVC verankert. Nach Abschluss der Reinigung, sowie der Prüfvorgänge, wird die Station mittels Passstücken in die Leitung eingebunden.



Abb. 5.23: Montage einer Station¹¹⁸

¹¹⁷ Quelle: Dipl.-Ing. Roswitha Degen (ILF-Mitarbeiterin)

¹¹⁸ Quelle: Dipl.-Ing. Roswitha Degen (ILF-Mitarbeiterin)

Auf die Errichtung von Pump-, Schieber-, Verdichter-, Molch- sowie Abzweig- und Übergabestation wird hier nicht näher eingegangen.

5.5 SONDERBAUSTELLEN^{119, 120, 121}

Im Zuge des Pipelinebaus müssen stellenweise Verkehrsanlagen, Gewässer oder sonstige Hindernisse überwunden werden. Die Durchführung und Planung solcher Maßnahmen sollten jedoch unabhängig von der übrigen Leitung erfolgen. Hierfür stehen verschiedene Verfahren und Techniken, die nach entsprechendem Erfordernis gewählt werden, zur Verfügung.

Prinzipiell kann zwischen offener und geschlossener Bauweise differenziert werden, wobei letztgenannte häufiger eingesetzt wird. Weiters wird beim geschlossenen Verfahren zwischen einem einphasigem und einem zweiphasigem Vortrieb unterschieden. Wird zum Schutz der Rohrleitung in einem ersten Schritt ein Mantelrohr eingebracht, in welches sodann die Leitung eingezogen wird, spricht man von einem zweiphasigen Verfahren (indirekter Rohrvortrieb). Wird hingegen nur ein Rohr, das sogenannte Produktenrohr vorgetrieben, stellt dies ein einphasiges Verfahren dar (direkter Rohrvortrieb).

Die Auswahl der passenden Technik hängt von mehreren Faktoren ab und muss für den jeweiligen Einzelfall getroffen werden.

Folgende Gründe sprechen für die Verwendung eines Mantelrohres:

- Schwierige Bodenverhältnisse
- Keine verfügbare zweite Trasse für den Fall des Fehlschlages des ersten Vortriebes
- Begehbarkeit des Vortriebsrohres aufgrund schlechter Baugrundverhältnisse
- Zu kleiner Durchmesser des Produktenrohres für den Vortrieb
- Mitführen eines Fernmeldekabels
- Auflagen in den Kreuzungsgenehmigungen

¹¹⁹ Vgl.[4]; S.816-819

¹²⁰ Vgl.[10]; S.537-585

¹²¹ Vgl.[2]; S.104-146; S.84-86

Dem gegenüber steht der Vortrieb mittels Produktenrohres. Dieses Verfahren besitzt den Vorteil des einfachen technischen Aufbaus, sowie der sicheren Gewährleistung des kathodischen Korrosionsschutzes aufgrund des Kontaktes zum Erdreich. Dadurch stellt es die kostengünstigere Variante im Vergleich zum indirekten Rohrvortrieb dar. Voraussetzung für die Anwendung sind jedoch homogene Bodenverhältnisse ohne größere Steine oder Schutteinlagen.

Unabhängig vom gewählten Verfahren stellen die Start- und Zielgrube ein Hilfskonstruktionselement für alle Vortriebstechniken dar. Die Abmessungen der Baugrube richten sich nach der Tiefe der geplanten Rohrtrasse, der Art der Pressstation, der Länge und dem Durchmesser der Rohre, sowie der Art des Widerlagers. Da die Schächte meist nicht mit geböschten Wänden ausgebildet werden können, werden sie mittels Spund- oder Trägerbohlwänden verbaut. Für die Bemessung dieser sind folgende Faktoren zu beachten:

- Zusätzliche Auflasten (durch Aushub, Materialien, Geräte) an den Längsseiten der Baugrube
- Ableitung der Kräfte aus dem Presswiderlager über die Baugrubenverkleidung in das Erdreich an der rückwärtigen Stirnwand
- Berücksichtigung extremer Wasserstände bei der Auswahl der Grundwasserabsenkung oder im Hinblick auf eine Hochwasserüberflutung

Die Sohle muss trocken, eben und fest ausgebildet werden. Bei großen Bauwerken und bei Einsatz einer Grundwasserabsenkung wird meist eine Betonsohle, zur Vermeidung eines Grundbruches, eingebracht.

a) Direkter Rohrvortrieb:

Bei diesem Verfahren muss großes Augenmerk darauf gelegt werden, dass das Umhüllungsmaterial des Rohres im Zuge des Vortriebes unbeschädigt bleibt. Hierfür wird meist Polyethylen (PE) verwendet. Ein weiteres Problem stellt die Nachumhüllung der Rundnahtbereiche dar, da sie zum Abschälen während des Einbringens neigen. Deshalb sollte auf einen möglichst glatten Übergang von der Werksumhüllung zur Baustellenumhüllung geachtet werden.

Werden scharfkantige Einlagerungen im Boden erwartet, so werden Rohre, die im Werk zusätzlich mit Faserzement ummantelt wurden, eingesetzt. Die Schweißnahtbereiche erhalten hierfür dann Spezialbeschichtungen in Form einer Kaltbinde mit Faserzementmörtel und Bandage oder eine Umhüllung mittels glasfaserverstärktem Kunststoff inklusive Faserzementmörtel und Bandage.

Prinzipiell sollte der Überwachung und Kontrolle der Umhüllung bei Produktenrohrkreuzungen große Beachtung geschenkt werden, da auch der, durch die PE-Umhüllung gewährleistete, passive Korrosionsschutz durch eine Beschädigung während des Vortriebes beeinträchtigt wird. Aus diesem Grund wird das Rohr, bevor es mit der restlichen Leitung verbunden wird, einer Überprüfung mittels Probeeinspeisung des Schutzstromes unterzogen. Werden dabei die Mindestwerte für die Stromaufnahme und das Ausschaltpotential nicht erreicht, muss ein neues Produktenrohr nachgepresst werden, bis der Rohrbereich mit dem Umhüllungsschaden im Zielschacht ankommt. Danach wird der Messvorgang wiederholt. Werden erneut die gewünschten Werte nicht erreicht, so erfolgt entweder ein Nachpressen mittels Mantelrohrverfahren oder es wird in Ausnahmefällen ein separater Korrosionsschutz für den Bereich des Sonderbauwerks installiert. Dies wird mit Hilfe von Isolierstücken am Anfang und Ende des Kreuzungsbereichs bewerkstelligt, um eine Trennung von der restlichen Leitung zu erreichen.

Wenn aufgrund der Bodenverhältnisse mit Schäden am Produktenrohr gerechnet werden muss, wird bei Anwendung von Ramm- oder Bohrpressverfahren in einem ersten Schritt ein Vorrohr (Montagerohr) eingebracht. Eine weitere Möglichkeit, die Nahtumhüllung vor Beschädigung während des Vortriebes zu schützen, stellt die Verwendung eines Schneidschuhs, welcher am Vorrohr befestigt wird, da. Dieser erzeugt einen größeren Durchmesser als der Durchmesser des Produktenrohrs, was das Einbringen dieses erleichtert.

Wird hingegen sofort das endgültige Rohr eingebracht, muss man mit Gefügeänderungen und damit verbundenen Veränderungen der mechanischen Werkstoffkennwerte am Randbereich (dem vom Schlagwerk betroffenen Teil) rechnen. Deshalb werden die ersten 50 cm des Rohres abgetrennt.

b) Indirekter Rohrvortrieb

Das Mantelrohr besteht in den meisten Fällen aus Stahl oder Stahlbeton. Prinzipiell sind aber Rohre aus Gusseisen, Faserzement, Steinzeug, Polyethylen oder faserverstärktem Kunststoff möglich. Für das Kreuzen von Bahnanlagen dürfen jedoch nur die beiden ersten Werkstoffe zum Einsatz kommen. Die raue Oberfläche der Stahlbetonrohre macht jedoch die Verwendung einer Bentonitschmierung während des Vortriebes notwendig.

Der Korrosionsschutz steht in Abhängigkeit zum Rohrwerkstoff und dem Medium im Ringraum und kann auf zwei Arten erfolgen:

- Mantelrohrkreuzung mit freiem Ringraum
- Mantelrohrkreuzung mit verfülltem Ringraum

Für die erste Variante werden PE-beschichtete Stahlrohre als Mantelwerkstoff eingesetzt. Da in diesem Fall das Mantelrohr nicht zum Korrosionsschutz hinzugezogen wird, darf die Beschichtung während des Vortriebes nicht beschädigt werden. Der Ringraum wird an beiden Enden abgedichtet, um das Eindringen von Wasser und Sauerstoff und damit Korrosion zu verhindern. Es werden unterschiedliche Abdichtungsmöglichkeiten je nach Anwendungszweck verwendet (siehe Abb. 5.24). Die Abstandhalter am Produktenrohr fungieren als Gleitkufen und sollen den Kontakt zwischen den beiden Rohren verhindern.

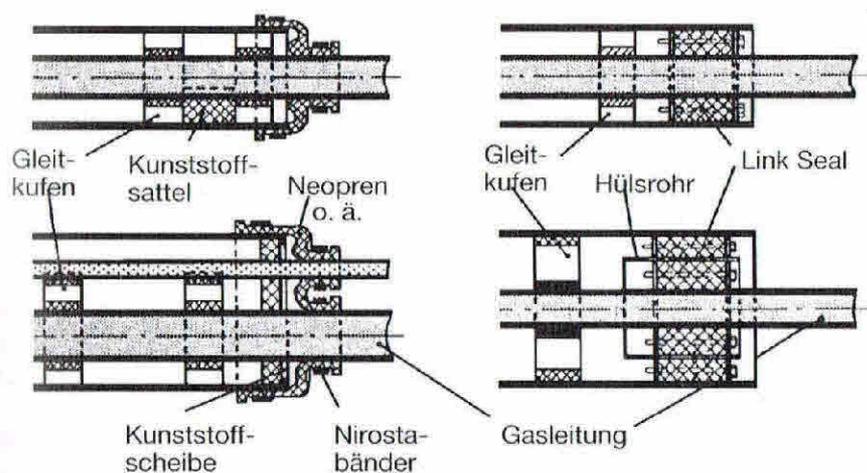


Abb. 5.24: Ringraumabdichtungen¹²²

¹²² Vgl. [10]; S.543

Wird der Ringraum mit geeignetem, leitfähigem Material verfüllt, so werden folgende Anforderungen an den Füllstoff gestellt:

- Gute Fließfähigkeit
- Lange Verarbeitbarkeit
- Schrumpffreies Abbinden
- Keine aggressive Wirkung auf Stahl
- Ausreichende elektrische Leitfähigkeit für den Schutzstrom

Weiters sollte große Sorgfalt auf die Verfüllung der Baugrube und der Verdichtung des Füllmaterials gelegt werden, da dadurch spätere Setzungen und damit verbundene Biegebeanspruchungen, welche sich nachteilig auf die Leitung auswirken, vermieden werden können.

5.5.1 Kreuzen von Verkehrswegen

Straßenkreuzungen sind nur in den seltensten Fällen in offener Bauweise möglich. Hier kommt meist das Rohrvortrieb- oder gesteuerte Horizontalbohrverfahren zum Einsatz. Schienenwege dürfen ausnahmslos nur mittels grabenloser Verlegeverfahren gekreuzt werden.

Der ungesteuerte Rohrvortrieb kann durch Bodenentnahme oder Bodenverdrängung erfolgen und besitzt seine Anwendungsgrenzen in der Vortriebslänge, dem Rohrdurchmesser, der Zielgenauigkeit und den Bodenverhältnissen.

Die steuerbaren Vortriebsmethoden entwickelten sich aus den ungesteuerten Bohrpressverfahren oder den bergmännischen Tunnelbauverfahren.

Vor der Wahl des anzuwendenden Verfahrens muss eine gründliche Bodenuntersuchung erfolgen, da die Bodenart und die Grundwasserstände großen Einfluss darauf ausüben.

a) Ungesteuerter Rohrvortrieb mit Verdrängungs- und Rammverfahren

Das Verdrängungsverfahren erfolgt mittels Verdrängungskopf, der statisch oder dynamisch in den Boden getrieben wird. Um Aufwölbungen der Oberfläche zu vermeiden, muss eine Überdeckung vom zehnfachen Rohrdurchmesser eingehalten werden. Mit diesem Verfahren können Rohrkreuzungen bis zu einem Durchmesser von DN 300 und einer Länge von bis zu 40 m hergestellt werden.

Für größere Nenndurchmesser bis DN 1600 wird meist das Rammverfahren eingesetzt. Da es sich dabei um ein Bodenentnahmeverfahren handelt und es somit nicht zu einem Aufwölben der Oberfläche kommen kann, reicht eine Überdeckung vom zweifachen Rohrdurchmesser, jedoch von mindesten einem Meter. Das Rammverfahren bietet gegenüber dem Verdrängungs- und Bohrpressverfahren einige Vorteile, dem nur wenige Nachteile entgegenstehen. In der nachfolgenden Tabelle sind diese kurz zusammengefasst.

Vorteile	Nachteile
Es ist kein Wiederlager (rückseitig, stirnseitig oder bodenflächig) erforderlich	Vortrieb nicht für Fels und schluffige Tonböden geeignet
Arbeitsgrube benötigt relativ kleine Arbeitsbreite	Bei inhomogenen Böden können sich Richtungsabweichungen einstellen
Bodengefüge wird nicht aufgelockert, sondern verdichtet und geglättet	Hohe Lautstärke im Arbeitsbereich
Vortrieb ist auch im Grundwasser möglich	

Tab. 5.5: Vor- und Nachteile des Rammverfahrens

Der Bodenabbau erfolgt intermittierend oder kontinuierlich. Prinzipiell sollte die Bodenentnahme jedoch nur mittels Druckwasserspülung oder durch Ausbohren des Erdkerns erfolgen.

b) Ungesteuerter Rohrvortrieb mittels Bohrpressverfahren

Dieses Verfahren erfolgt mittels hydraulischem Pressbohrgerät. Der Presszylinder und das Bohraggregat sind fest auf einem Rahmen installiert, der sich gegen ein rückseitiges Widerlager gelenkig abstützt. Die Bodenförderung erfolgt mittels einer Bohrschnecke, die an die vorherrschenden Bodenverhältnisse angepasst wird. Um einen Bodeneinbruch durch die Bohrschnecke zu vermeiden, muss während dem Vortrieb darauf geachtet werden, dass sie hinter dem Vortriebsrohr zurück bleibt.



Abb. 5.25: Bohrpressverfahren¹²³

¹²³ Quelle: Ing. Franz Steininger (ILF-Mitarbeiter)

Für die Schnecke stehen mehrere Arten von Bohrwerkzeugen zur Verfügung, womit dieses Verfahren in nahezu allen vorkommenden Bodenarten Anwendung findet.

c) Gesteuertes Bohrpressverfahren mit Schneckenförderung

Der Vortrieb erfolgt mittels hydraulischer Pressen und gleichzeitigem Bodenabbau durch eine Schnecke. Die Steuerung wird durch ein Schildgelenk, welches den Steuerkopf mit dem hinteren Teil der Vortriebsmaschine verbindet, ermöglicht. Die Lagemessung kann mittels Laserstrahl erfolgen, wobei die Genauigkeit des Vortriebes im Bereich von etwa 3 cm liegt.

Aufgrund der Anpassungsfähigkeit des Bohrkopfes an die gegebenen Bodenverhältnisse kann dieses Verfahren in nahezu allen Bodenarten verwendet werden. Einsatzbeschränkungen ergeben sich nur durch Findlinge oder andere Hindernisse, die nicht durchbohrt werden können. Bei enggestuften, sandigen Böden oder in Kies kann der Einsatz einer Bentonit-suspension erforderlich sein, um die Reibung in der Schnecke während der Förderung zu minimieren.

d) Gesteuerter Schildvortrieb mit Spülförderung

Dieses Verfahren kennzeichnet den Einsatz eines Bohrkopfes mit gleichzeitigem, vollflächigem Abbau, einer mechanisch oder flüssigkeitsgestützten Ortsbrust und einer kontinuierlichen Bodenförderung des mit Wasser angereicherten Bohrkleins.

Die Stabilisierung der Ortsbrust, der Bodenabbau und der Feststoff- Flüssigkeitskreislauf bilden eine Einheit und können an die örtlichen Bodenverhältnisse angepasst werden. Dadurch kann dieses Verfahren in fast jeder Bodenart verwendet werden.

Eine Besonderheit dieses Verfahrens stellt, ohne Verwendung von zusätzlichen Hilfsmaßnahmen, die Einsetzbarkeit bis in Tiefen von mehr als 10 m unter dem Grundwasserspiegel dar.

5.5.2 Kreuzen von Gewässern

Die Kreuzung von Flüssen, Kanälen und in bestimmten Fällen auch von Natur- und Landschaftsschutzgebieten, wird mittels Düker hergestellt. Diese Rohrleitungstrecken sind dadurch gekennzeichnet, dass sie im Gegensatz zur restlichen Gradienten tiefer liegen.

Für diese Kreuzungsbauwerke können mehrere, verschiedene Verfahren eingesetzt werden. Die Wahl der geeignetsten Variante wird meist von der zu kreuzenden Breite, der Topographie, sowie der bodenmechanischen Kennwerte bestimmt.

Folgende Bautechniken können zum Einbringen der Rohre angewendet werden:

- Einheben
 2. Bei trockenem oder geflutetem Dükergraben
 3. Vom Baukran an Land oder vom Schiffskran auf dem Wasser
- Einschwimmen
 4. Nach Montage parallel oder quer zum Gewässer
 5. Durch die Strömung oder mit Winden
- Einziehen
 6. Nach Montage senkrecht zum Gewässer
 7. Vom Land mit Winden oder vom Wasser mit Kranschiffen
- Einspülen
 8. Bei flexiblen Rohren mit kleinem Durchmesser
 9. Durch Vibrationsspülung bei geeigneten Bodenarten
- Sonderbauweisen
 10. Directional Drilling (Richtbohrverfahren)
 11. Rohrvortrieb unter Druckluft oder durch Druckspülung

Weiters kann zwischen einer offenen und einer geschlossenen Bauweise unterschieden werden.

a) Offene Bauweise

Bei diesem Verfahren wird der Rohrstrang an Land vorgefertigt, auf Dichtheit überprüft und erst danach eingebracht, wobei hierfür ebenfalls zwei Verfahren möglich sind:

- Rohrverlegung in trockener Baugrube durch vorübergehende Umleitung des Vorfluters oder entsprechendem Verbau; beides eventuell in Kombination mit einer Grundwasserhaltung
- Verlegung in einer wassergefüllten Rinne durch Einziehen, Einschwimmen, Einlegen oder Einspülen

Da die Herstellung einer trockenen Baugrube meist einen größeren Aufwand bedeutet, wird aus wirtschaftlichen Gründen häufiger die zweite Variante gewählt.

Weiters müssen neben umfassenden Bodenuntersuchungen auch Gewässerkennwerte, wie die Fließgeschwindigkeit, der Wasserstand und die Geschiebeführung ermittelt werden.

Die Lagesicherung des Stranges im Wasser kann durch Betonreiter, Betonplatten, Erdanker, schwere Gleitbleche Betonwiderlager oder mittels Betonummantelung des Rohres erfolgen.

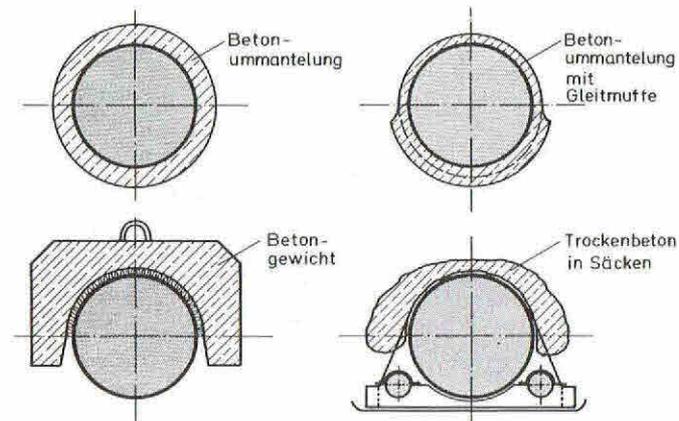


Abb. 5.26: Auftriebssicherung aus Beton¹²⁴

Für die Herstellung der Dükerrinne können sowohl schwimmende Aushubgeräte (Eimerkettenbagger, Bagger auf Schwimmpontons), als auch landseitig gestützte Geräte (Schrapperranlagen, Bagger mit Tieflöffelausrüstung) eingesetzt werden. In felsigem Untergrund kann die Rinne nur mittels Sprengung erzeugt werden.

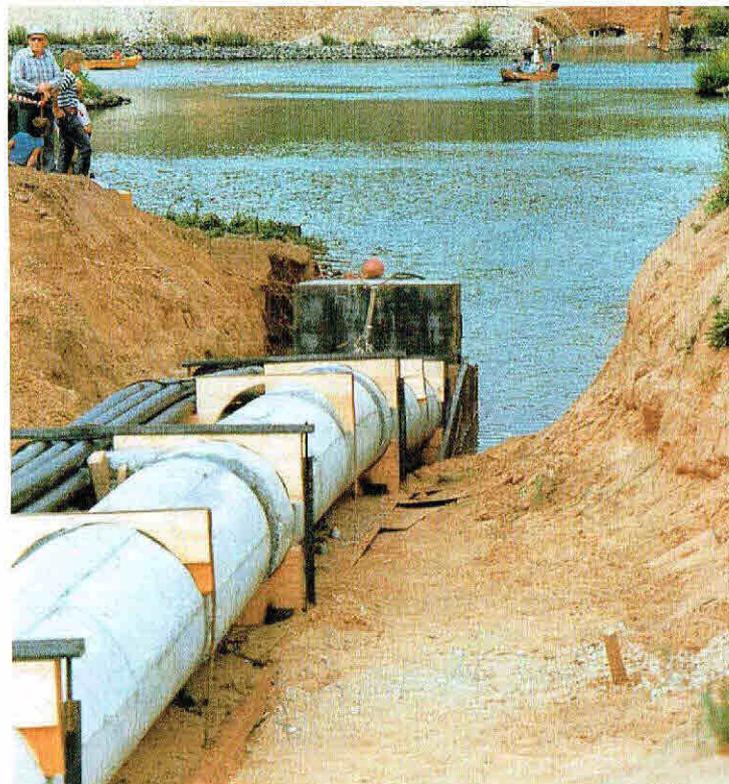


Abb. 5.27: Einziehen eines betonummantelten Rohres¹²⁵

¹²⁴ Vgl.[2]; S.122

¹²⁵ Vgl.[2]; S.118

Im Gegensatz zu kleinen Wasserlaufkreuzungen, bei denen die auch für die übrigen Bauarbeiten eingesetzten Geräte verwendet werden können, werden große Düker meist nur mit Hilfe schwimmender Geräte oder anderen speziellen Einrichtungen gefertigt. Aus diesem Grund müssen diese häufig gesondert geplant und ausgeführt werden.

b) Geschlossene Bauweise

Hier erfolgt das Kreuzen der Wasserläufe mit weiterentwickelten Techniken des Rohrvortriebes (Rammverfahren, Pressvortrieb) oder mittels gesteuertem Richtbohrverfahren, dem so genannten Directionally Controlled Horizontal Drilling.

Beim Richtbohrverfahren wird in einem ersten Schritt eine Pilotbohrung durchgeführt, dem in einigen Metern Abstand ein Überwachrohr, das die Stabilisierung des Pilotstranges und die Zuführung einer Bentonit-Wasser-Suspension gewährleistet, folgt.

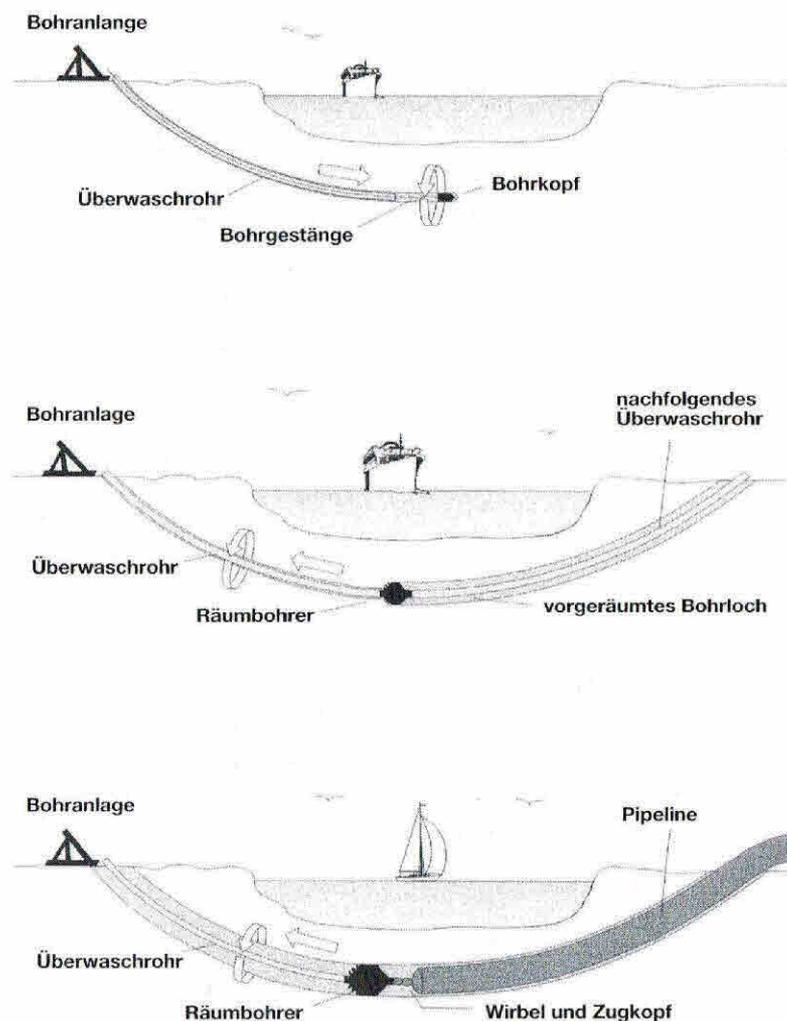


Abb. 5.28: Schematische Darstellung des Richtbohrverfahrens¹²⁶

¹²⁶ Vgl.[10]; S.561

Danach wird das in der Bohrung gebliebene Überwachrohr mit einem Räumbohrer (Reamer) zum Vergrößern des Bohrdurchmessers bestückt und als Bohrgestänge verwendet.



Abb. 5.29: Reamer¹²⁷

Gleichzeitig wird wieder ein Überwachrohr eingezogen, so dass immer ein Gestänge im Bohrloch verbleibt. Dieser Vorgang wird bis zum Erreichen des gewünschten Durchmessers wiederholt.

Anschließend kann das Produktenrohr, mit Hilfe eines Freiräumers, der das restliche Material im Bohrloch beseitigt, eingezogen werden.

Mit diesem Verfahren konnten nach heutigem Stand Kreuzungen mit einer Länge bis zu 1.800 m und einem Durchmesser von DN 1400 hergestellt werden.

5.5.3 Sonstige Sonderbaustellen

Zu den nicht im Zuge des normalen Rohrleitungsbau bearbeitbaren Gebieten gehören Steilhänge, sowie Fels- und Moorböden. Diese Bereiche sollten wenn möglich schon während der Planung durch geeignete Trassenführung vermieden werden.

Ein weiteres Sondergebiet des Rohrbaues stellen die Offshore-Leitungen dar.

a) Steilhänge

Als Steilhänge werden in bautechnischer Sicht alle Geländeneigungen verstanden, die nicht mehr mit Baugeräten und Fahrzeugen befahren werden können. Somit sind der Einsatz von Spezialgeräten, gegebenenfalls Seilbahnen und eine besondere Sicherung der Rohrleitung gegen Verschieben und Hangrutschungen notwendig.

¹²⁷ Vgl.[2]; S.117

Für den Aushub können Schrappergeräte oder Hydraulikbagger mit Schreitwerk eingesetzt werden. Abgesehen von sehr kurzen Steilhängen oder felsigem Untergrund erfolgt die Baumaßnahme nicht über die gesamte Länge, sondern in einzelnen Abschnitten.

Um die Lagestabilität der Rohrleitung zu gewährleisten und zur Vermeidung von Geländebewegungen, müssen die ursprünglichen Bodenverhältnisse so gut wie möglich wieder hergestellt werden. Hier muss berücksichtigt werden, dass der Rohrgraben, sowie die im Sandbett verlegte Leitung wie eine Drainage wirken. Um ein Auswaschen und Nachsacken der Verfüllung zu vermeiden, können Riegel aus einem Sand-Bindemittel-Gemisch eingebaut werden. Diese bewirken eine Unterteilung der Leitung in mehrere Abschnitte und verhindern eine drainierende Wirkung des Rohrstranges.

Sind weitere hangstabilisierenden Maßnahmen notwendig, sollte dies mit den zuständigen Land- und Forstwirtschaftlichen Behörden abgesprochen werden. Je nach den örtlichen Gegebenheiten kann das Anbringen von Faschinen, der Einbau von Betonriegel oder Verfahren zur Bodenstabilisierung (z.B. Bodenvernagelung) Abhilfe schaffen.

b) Felsige Böden

Oftmals muss im Zuge einer Baumaßnahme auch felsiges Gelände durchquert werden. Leicht lösbarer Fels kann mittels der herkömmlichen Geräte wie Hydraulikbagger mit Felstieflöffel oder Grabenfräse abgebaut werden. Die Herstellung des Rohrgrabens in schwer lösbarem Fels kann nur mittels Sprengung erfolgen.

c) Moorige Böden

Hier muss in einem ersten Schritt die genaue Tiefenlage des bautechnisch nutzbaren Untergrundes ermittelt werden. Wenn die Leitung nicht auf tragfähigem Boden aufgelagert werden kann, erfolgt die Lagesicherung durch Sandeinbettung, Verankerung oder Betongewichte.

Da die meisten Mooregebiete auch gleichzeitig Naturschutzgebiete darstellen, muss eng mit den zuständigen Behörden zusammengearbeitet werden, um eine möglichst geringe Beeinträchtigung der Oberfläche und des Wasserhaushaltes zu gewährleisten.

d) Offshore-Leitungen

Hierbei handelt es um Bauwerke im Meeresbereich. Bei der Wahl der Trassenführung müssen nicht nur die natürlichen Gegebenheiten, sondern auch der Schiffsverkehr berücksichtigt werden.

Die Leitung muss vollständig auf dem Meeresboden aufliegen und ihre Lagestabilität gewährleisten. Aufgrund der Bodenbeschaffenheit, der Strömungsverhältnisse und der möglichen Veränderung des Meeresbodens müssen diese Leitungen entweder unter Bodenniveau verlegt werden, mit Kies, Steinschüttung, Beschwerungsmatten oder Beton abgedeckt werden, oder Verankert werden. Meist muss die Leitung zusätzlich mit Gewichten beschwert werden, um genügende Auftriebssicherheit zu erreichen.

Zur Herstellung des Grabens können mehrere Geräte und Verfahrenstechniken angewendet werden. Zu ihnen zählen alle Varianten der Saug- und Schwimmbagger, die in Abhängigkeit mit den örtlichen Gegebenheiten eingesetzt werden.



Abb. 5.30: Schwimmendes Montageschiff¹²⁸

¹²⁸ Vgl. [2]; S.143

6 WIRTSCHAFTLICHKEIT

Der Bedarf an Leitungsinfrastruktur ergibt sich aus der wirtschaftlichen Produktivität, sowie der Bevölkerungsdichte und Siedlungsstruktur. Dichtbesiedelte Gebiete weisen eine höhere Nachfrage an Stoffströmen wie Trink- und Brauchwasser, Abwasser, Brenn- und Treibstoffe, Strom, Gas und Wärme auf als dünnbesiedelte Gebiete.

Für den Transport von Erdgas und Mineralöl stehen mehrere Verkehrsträger (Pipeline, Schifffahrt, Eisenbahn, Straßenverkehr) zur Verfügung.

Für einen wirtschaftlichen Vergleich dieser verschiedenen Transportmittel müssen die spezifischen Eigenschaften dieser erläutert und dahingehend überprüft werden, in wie weit die einzelnen Transportleistungen vergleichbar sind.

Der Transport mittels Pipelinesystemen weist folgende Charakteristiken auf:¹²⁹

- Bei Rohrleitungen fallen Transportmittel, Transportgefäß und Transportweg zusammen. Das Transportmittel Rohr stellt gleichzeitig das Transportgefäß für das zu befördernde Gut und den Transportweg dar, auf dem dieses Gut den Raum überwindet.
- Beim Rohrleitungstransport wird nur das Transportgut selbst bewegt, nicht hingegen wie bei anderen Transportmitteln auch das Transportgefäß. Es entfällt daher die bei anderen Transportmitteln erforderliche Weiterverwendung bzw. der Rücktransport des leeren Gefäßes. Andererseits ist ein ständig gefülltes Rohrleitungssystem Voraussetzung für den Transport.
- Die den Transport bewerkstellenden Energievermittler sind in Form von Stationen über den Transportweg verteilt und bewegen sich nicht selbst.
- Die Befüllungs- und Entladevorgänge sind vom eigentlichen Transport nicht zu trennen. Es kann somit weder eine Befüllung/Entladung ohne einen gleichzeitigen Transportvorgang noch ein Transport ohne gleichzeitiges Ent- und Beladen erfolgen. Das bedeutet, dass nur so viel Transportgut befördert werden kann, wie gleichzeitig auf der einen Seite befüllt und der anderen Seite entnommen werden kann. Eine Ausnahme stellen hier die Pufferspeicher von Erdgaspipelines dar.
- Der Transport kann generell nur in einer Richtung erfolgen. Durch entsprechende Konstruktionen kann die Fließrichtung zwar umgekehrt werden, doch der Transport erfolgt danach ebenfalls nur in die eine Richtung.

¹²⁹ Vgl.[3]; S.14-15

- Nach einem einmal festgelegten Anfangs- und Endpunkt sind die Transportrelationen starr und nicht mehr anpassungsfähig.

Weiters müssen die Leistungskriterien der Transportmittel definiert werden, um diese anschließend qualitativ vergleichen zu können.

1) Massenhaftigkeit

Die Massenhaftigkeit gibt die Transportfähigkeit großer Mengen an und hängt von der technischen Kapazität pro Zeiteinheit ab.

Rohrleitungen sind im Gegensatz zu anderen Transportmitteln lediglich in der Lage gasförmige oder flüssige Medien zu befördern. Der Transport von Feststoffen wäre zwar möglich, jedoch stellen diese Leitungen die Ausnahme dar.

Der große Vorteil von Rohrleitungen liegt darin, dass kein zusätzliches Transportgefäß (Tote Last) bewegt wird, welches anschließend wieder rücktransportiert werden muss.

Ein ebenfalls positiver Aspekt von Pipelines besteht darin, dass die Bewegungsvermittler stationär angeordnet sind und nicht wie bei anderen Transportmitteln mittransportiert werden müssen. Diese sind meist noch zusätzlich durch ihre eigene Leistungsfähigkeit (Motorleistung, Wasserstand auf Wasserstraßen, Traktionskraft), sowie von allgemeinen Vorschriften (z. B. der zulässigen Größe des Transportgefäßes) begrenzt.

Aus diesem Vergleich ergibt sich im Gegensatz zu den anderen Transportmitteln eine große Massenleistungsfähigkeit von Rohrleitungen.

2) Anpassungsfähigkeit

Hier sind sowohl die Anpassungsfähigkeit der Transportstrecke, als auch jener der zu transportierenden Menge zu betrachten. Bezüglichem Erstgenanntem weist die Rohrleitung einen erheblichen Nachteil im Vergleich zu anderen Transportarten auf, da Anfangs- und Endpunkt festliegen und nachträglich nicht mehr verändert werden können. Eine Adaption kann lediglich durch den Bau von Zweigleitungen oder einer neuen Rohrleitungstrecke erfolgen.

In diesem Zusammenhang weist jedoch auch der Transport mittels Schiffen eine geringe Anpassungsfähigkeit auf. Hier sind die Transportwege ebenfalls durch natürliche oder künstlich geschaffene Wasserstraßen begrenzt.

Die Eisenbahn wird zwar ebenso durch einen vorgegebenen Transportweg gekennzeichnet, jedoch weist sie aufgrund des dichten und gut ausgebauten Schienennetzes eine höhere Anpassungsfähigkeit auf als die beiden zuvor genannten Transportmittel.

Diesbezüglich stellt der Straßenverkehr die flexibelste Variante dar. Der Transport kann zu jeder beliebigen Be- und Entladestelle erfolgen.

Die Variation der Transportmengen von Pipelinesystemen muss in Abhängigkeit der Zeit betrachtet werden. Kurzfristig gesehen kann die Fördermenge durch Steigerung des Druckes, was jedoch wirtschaftliche und technische Grenzen aufweist, und längerfristig durch den Bau eines Parallelstranges, erhöht werden.

Die Anpassung der Transportmenge der übrigen Varianten steht lediglich in Abhängigkeit ihrer eigenen technischen Leistungsfähigkeit, sowie der der Verkehrswege.

3) Netzbildungsfähigkeit

Diese beschreibt die Fähigkeit eine Vielzahl von Orten zu erreichen. Abgesehen von den Verteilernetzen, die hier nicht betrachtet werden, bilden Rohrleitungen nur sehr weitmaschige Netze. Dies gilt genauso für den Transport mittels Schiffen.

Wie auch schon bei der zuvor beschriebenen Anpassungsfähigkeit des Transportweges, sind bezüglich der Netzbildungsfähigkeit sowohl die Eisenbahn als auch der Straßenverkehr den beiden anderen Transportmitteln überlegen.

4) Schnelligkeit

Ein Anstieg der Transportgeschwindigkeit in Rohrleitungen geht mit einer Erhöhung der Durchleitungsmenge einher und bewirkt somit sowohl eine Steigerung der Energiekosten, als auch eine Senkung der Kapitalkosten pro Leistungseinheit. Die Erhöhung der Durchflussgeschwindigkeit unterliegt jedoch technischen und wirtschaftlichen Grenzen.

Weiters muss bei Pipelinesystemen beachtet werden dass eine Erhöhung der Transportgeschwindigkeit auch eine Steigerung der Durchflussmenge zur Folge hat und umgekehrt. Bei den übrigen Transportarten gibt es diese gegenseitige Abhängigkeitsbeziehung nicht und die Transportgeschwindigkeit kann beliebig variiert werden. Sie wird lediglich durch technische Vorgaben, wie zum Beispiel der zulässigen Geschwindigkeiten, Strömungsverhältnissen auf Wasserstraßen, Wochenendfahrverboten auf Straßen, etc. begrenzt.

5) Zuverlässigkeit

Der Transport mittels Rohrleitungen erfolgt kontinuierlich und unabhängig von Witterungseinflüssen oder anderen durch außen einwirkenden Störungen, sofern die Leitung unterirdisch verlegt wird.

Die Schifffahrt unterliegt hingegen starken Beeinflussungen wie Niedrig- oder Hochwasser, Nebel und Eisgang. Auch der Transport mittels Eisenbahnverkehr kann durch verschiedene Witterungsverhältnisse (Nebel, Schnee, Eis) gestört werden.

Diese Einflüsse beeinträchtigen ebenfalls den Straßenverkehr, bei dem noch weitere Störfaktoren wie Stauungen oder andere zeitliche Verzögerungen aufgrund von Baustellen oder Umleitungen auftreten können.

Somit bringt der Transport mittels Rohrleitungen bezüglich diesem Leistungskriterium im Vergleich zu den anderen Transportarten erhebliche Vorteile.

Abschließend muss noch auf die Sicherheit von Fernleitungssystemen eingegangen werden, auch wenn sie nicht direkt zu den Leistungskriterien zählt. Pipelinesysteme gehören zu den sichersten Massenguttransportmitteln. Dies bezieht sich sowohl auf die Sicherheit bezüglich der Versorgung (hohe Verfügbarkeit, wenige Ausfälle, geringe Stillstandzeiten), als auch im Sinne des Personenschutzes, des Umweltschutzes und dem Schutz von Sachgütern.^{130, 131}

6.1 INVESTITIONSKOSTEN, BETRIEBSKOSTEN, ENERGIEKOSTEN¹³²

6.1.1 Investitionskosten

Rohrfernleitungen sind kapitalintensive Transportmittel. Die Investitionskosten werden von der Linienführung der Trassen und den geographischen Gegebenheiten beeinflusst. Leitungen die Gebirge überwinden oder mehrere Wasserläufe kreuzen weisen zwangsläufig höhere Investitionskosten auf, als Pipelinesysteme bei denen diese Hindernisse nicht oder nur in geringerem Ausmaß zu überwinden sind.

Auch die Kosten bezüglich des Wegerechtserwerbes variieren sehr stark und sind ebenfalls von der Trassenführung abhängig.

Die in die Rohrleitungskosten eingehenden Materialkosten werden durch die beabsichtigte Kapazität (Rohrdurchmesser) bestimmt.

¹³⁰ Vgl.[5]; S.2-14

¹³¹ Vgl.[3]; S.1-44

¹³² Vgl.[3]; S.1-44

Die Investitionskosten bezüglich des Transportes hängen von der zu überwindenden Entfernung, von den geographischen Gegebenheiten und vom Leitungsdurchmesser ab. Diese Faktoren bestimmen auch die Anzahl und Lage der Stationen.

Weitere Kosten beziehen sich auf die Einrichtungen zur Fernüberwachung und Fernsteuerung, Nebenanlagen, Werkstätten, sowie Betriebsgebäude.

Üblicherweise kann man in einer ersten Annahme für diese Kostenarten von folgenden Relationen ausgehen:¹³³

- Rohrleitungen (mit Schieber-, Abzweig-, Übergabe-, Molchstation) 86-90 %
- Pumpstationen / Verdichterstationen 6-9 %
- Einrichtungen zur Fernsteuerung und Fernüberwachung 3-5 %
- Nebenanlagen 1-2 %

6.1.2 Betriebskosten und Energiekosten

Die Betriebskosten ergeben sich aus der Verzinsung und Amortisierung der Kapitalkosten, den Energiekosten und den Personalkosten.

Da die Energiekosten eine leistungsabhängige und somit variable Größe darstellen, kann deren Anteil nicht pauschal angegeben, sondern muss für den Einzelfall berechnet werden.

Die Personalkosten sind von der Tatsache abhängig, ob eigenes Personal vorgehalten und zur Verfügung gestellt wird, oder ob auch Arbeitskräfte von Fremdunternehmen eingesetzt werden.

Die entscheidende Fragestellung bezüglich der Betriebskosten läuft dahingehend, in wie weit sich die Leitungskosten, das heißt die Kosten pro Tonne und Kilometer (tkm) in Abhängigkeit von der Entfernung und der Kapazität verändern.

Bezüglich der Entfernung konnte aufgrund von Untersuchungen an vorhandenen Rohrleitungssystemen festgestellt werden, dass dieser Faktor ab einer Länge von etwa 200 km keinen Einfluss mehr auf die Kosten nimmt.

¹³³ Vgl.[3]; S.23

Anders verhält sich die Abhängigkeit bezüglich der Kapazität.

Aus der Literatur kann entnommen werden, dass die Transportkosten pro Tonne, pro Kilometer bei einer 42 Zoll Leitung etwa ein Drittel der Kosten von einer 18 Zoll Leitung betragen. Dies gilt jedoch nur wenn die Transportmengen kontinuierlich und über längere Zeit zu erwarten sind. Treten unvorhergesehene Ereignisse und dem zu Folge Schwankungen bezüglich der Transportmenge und Kapazitäten auf, so kann dies zu einem unverhältnismäßigen Anstieg der Kosten führen.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Die wachsende Nachfrage nach Energie in Europa kann nicht alleine mit erneuerbaren Energien befriedigt werden. Aus diesem Grund werden die Kapazitäten von Transportleitungen für Erdgas und Mineralöl laufend ausgebaut. Dabei stehen einerseits Fernleitungen, als auch Leitungen innerhalb der Verteilungsnetze von Städten und Gemeinden zur Verfügung.

Am Beginn von Pipelinebauprojekten stehen Wirtschaftlichkeitsüberlegungen. Dabei werden in einem ersten Schritt die verschiedenen, möglichen Transportarten für Mineralöl und Erdgas miteinander verglichen. Anschließend erfolgt die Ermittlung und Analyse der Investitions- Betriebs- sowie Energiekosten. Das Ergebnis dieser Untersuchungen stellt den optimalen Durchmesser der Fernleitung dar.

Danach erfolgt die Projektierung und Trassierung, bei der die genaue Lage sowie die Linienführung der Leitung festgelegt werden. Eine Besonderheit des Pipelinebaus besteht darin, dass sich diese Leitungen über weite Entfernungen erstrecken. Dabei befindet sich ein Großteil der Trasse auf fremden Grundstücken. Diese werden jedoch nicht alle von den Energieversorgungsunternehmen gekauft, sondern es werden vertraglich geregelte Leitungsführungsrechte eingeräumt. Eine Ausnahme stellen hier Flächen für Stationen dar, da diese Grundstücke nicht mehr anderweitig genutzt werden können und jederzeit für Instandhaltungsarbeiten, Reparaturen oder Kontrollzwecken zugänglich sein müssen.

Nach einer gründlichen Planung kann mit dem Bau der Rohrleitung begonnen werden. Im Rahmen des Bauablaufes können die Arbeiten in die Leistungsbereiche Tiefbauarbeiten und Rohrbauarbeiten grob gegliedert werden. Im Zuge dessen muss großes Augenmerk auf die Prüfung der Leitung sowie deren Korrosionsschutz gelegt werden, da dies die Qualität und Dauerhaftigkeit der Pipeline stark beeinflusst.

Das Ende der Bauabwicklung stellt die Rekultivierung der Flächen sowie die Dokumentation dar. Die Rohrleitungsdokumentation verfolgt das Ziel den Betrieb sowie die Instandhaltung zu gewährleisten und stellt den Lage- und Bestandsnachweis dar.

8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2.1: Ausschnitt Fließschema.....	4
Abb. 2.2: Symbole Fließschema.....	5
Abb. 2.3: Ausschnitt Rohrplan.....	5
Abb. 2.4: Ausschnitt Isometrie.....	7
Abb. 3.1: Übersicht der österreichischen Öl- und Gaspipelines.....	10
Abb. 4.1: Ausschnitt Trassenplan.....	15
Abb. 4.2: Ausschnitt Typenplan: Rohrgraben.....	16
Abb. 4.3: Ausschnitt Typenplan: Querung von Gewässern.....	17
Abb. 4.4: Ausschnitt Bautechnischer-Lageplan.....	18
Abb. 4.5: Ausschnitt Wegerechtsplan.....	20
Abb. 4.6: Einteilung der Armaturen nach der Grundbauart.....	24
Abb. 4.7: Keilplattenschieber.....	25
Abb. 4.8: Absperrventil.....	26
Abb. 4.9: Kugelhahn.....	27
Abb. 4.10: Manometer.....	28
Abb. 4.11: Mehrstufige Pumpe.....	30
Abb. 4.12: Abzweigstück.....	31
Abb. 4.13: Reduzierstück.....	32
Abb. 4.14: Klöpperboden.....	32
Abb. 4.15: Ausschnitt Rohrplan Schieberstation.....	35
Abb. 4.16: Ausschnitt Rohrplan Molchstation.....	36
Abb. 5.1: Kennzeichnung von Fremdleitungen.....	40
Abb. 5.2: Trassenkilometrierung.....	41
Abb. 5.3: Rohrlagerung entlang der Trasse.....	42
Abb. 5.4: Seitenbaum.....	43
Abb. 5.5: Mandrel.....	44
Abb. 5.6: Unterpulverschweißen.....	47
Abb. 5.7: Ringbrenner.....	48
Abb. 5.8: Schweißkolonne.....	49
Abb. 5.9: Begriffe am Rohrgraben.....	50
Abb. 5.10: Raupenbagger mit Profillöffel.....	52
Abb. 5.11: Eimerrad-Grabenbagger (Ditcher).....	53
Abb. 5.12: Absenken des Rohrstanges.....	54
Abb. 5.13: Verfüllen des Rohrgrabens.....	55
Abb. 5.14: Verlegen des LWL-Schlauchs.....	56

Abb. 5.15: Verfüllen des Rohrgrabens.....	57
Abb. 5.16: Geometriemessmolch.....	59
Abb. 5.17: Marker.....	60
Abb. 5.18: Korrosionsformen und ihr Erscheinungsbild.....	63
Abb. 5.19: Einteilung der Baustellenumhüllungen.....	66
Abb.5.20: Schema Kathodischer Korrosionsschutz mittels Opferanode.....	69
Abb.5.21: Schema Kathodischer Korrosionsschutz mit Fremdstrom.....	70
Abb. 5.22: Einheben einer Station.....	76
Abb. 5.23: Montage einer Station.....	76
Abb. 5.24: Ringraumabdichtungen.....	80
Abb. 5.25: Bohrpressverfahren.....	82
Abb. 5.26: Auftriebssicherung aus Beton.....	85
Abb. 5.27: Einziehen eines betonummantelten Rohres.....	85
Abb. 5.28: Schematische Darstellung des Richtbohrverfahrens.....	86
Abb. 5.29: Reamer.....	87
Abb. 5.30: Schwimmendes Montageschiff.....	89

9 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3.1: Übersicht Gaspipelines	11
Tab. 3.2: Übersicht Verdichterstationen.....	11
Tab. 4.1: Einteilung der Armaturen nach Funktionsmerkmalen	24
Tab. 5.1: Mindestbreiten von Rohrgräben.....	51
Tab. 5.2: Aushubgeräte.....	52
Tab. 5.3: Übersicht der Arbeitsschritte zur Rekultivierung.....	61
Tab. 5.4: Übersicht der Dokumentationsunterlagen.....	62
Tab. 5.5: Vor- und Nachteile des Rammverfahrens.....	82

10 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Klaus Kleiser, H.-J. B. (1996). Der grabenlose Leitungsbau. Essen: Vulkan-Verlag.
- [2] Köhler, R. (1995). Tiefbauarbeiten für Rohrleitungen. Köln: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller.
- [3] W. Krass, A. K. (1979). Pipelinetechnik. Köln: Verlag TÜV Rheinland GmbH.
- [4] Wossog, G. (2008). Rohrleitungsbau Band 1. Essen: Vulkan-Verlag.
- [5] Lenz, Joachim et al., (2000). Visionen von Heute - Realitäten von Morgen. Essen: Vulkan-Verlag GmbH.
- [6] Fengler, E.-G. (1998). Grundlagen der Horizontal-Bohrtechnik. Essen: Vulkan-Verlag GmbH.
- [7] Lenz, Joachim et al., (2002). Rohrleitungen - Chancen und Risiken unter der Erde. Essen: Vulkan-Verlag-GmbH.
- [8] Gerald Luza, M. P. (2007). Stahlbau - Grundlagen, Konstruktion, Bemessung. Wien: Manz-Verlag.
- [9] Heinz Strien, E. M. (1965). Handbuch für den Rohrleitungsbau. Berlin: VEB Verlag Technik.
- [10] Klaus Homann, R. H. (1997). Handbuch der Gas-Rohrleitungstechnik. München: R.Oldenburger Verlag GmbH.
- [11] Hiltcher, G. (1999). Molchtechnik. Weinheim: Wiley-VCH.
- [12] www.wirtschaftsmuseum.at
- [13] www.pipeline-equipment.de
- [14] Skriptum Konstruktiver Wasserbau 1, Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Peter Tschernutter, Technische Universität Wien, Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, Abteilung Wasserbau
- [15] www.omv.at
- [16] www.taggmbh.at
- [17] www.gasconnect.at
- [18] www.adria-wien-pipeline.at
- [19] www.tal-oil.com