

Inhaltsverzeichnis

3.7	Technische Beschreibung des Vorhabens	2
3.7.1	Allgemeine Anforderungen an Bau und Betrieb von Fernwärmeleitungen	2
3.7.2	Beschreibung der Bautechnik	3
3.7.2.1	Baugruben (Rohrgräben)	3
3.7.2.2	Grabenloses Verfahren (Microtunneling)	5
3.7.2.3	Tunnelbauwerk	7
3.7.3	Ausstattung der Sonderbauwerke (Tunnelbauwerk, Hauptabsperrschächte)	13
3.7.3.1	Begehbare Tunnel und Schachtbauwerke der Elbquerung	13
3.7.3.2	Hauptabsperrschächte	17
3.7.4	Beschreibung der Rohrtechnik	19

3.7 Technische Beschreibung des Vorhabens

3.7.1 Allgemeine Anforderungen an Bau und Betrieb von Fernwärmeleitungen

Fernwärmeleitungen dienen dem Transport von Heißwasser und sind Ingenieurbauwerke, für deren Planung und Bau ein hohes Maß an Kenntnissen und Erfahrung vorausgesetzt werden muss. Gleichzeitig müssen aufgrund der angestrebten Lebensdauer von über 50 Jahren und der zugesicherten Versorgungssicherheit bei den erforderlichen Temperaturen des Wassers (bis zu 133 °C Betriebstemperatur) hohe Anforderungen an Auslegung und Materialeigenschaften der Systeme gestellt werden. Ein sicheres Zusammenwirken von Rohrleitungskomponenten, Rohrbettung, Rohrstatik und Tiefbau bildet die zu gewährleistende Grundlage für die Betriebssicherheit des Systems.

Abhängig von den Außentemperaturen werden Fernwärmenetze mit unterschiedlichen Betriebstemperaturen gefahren. Durch diese Temperaturunterschiede können sich die Rohre ausdehnen oder zusammenziehen. Um die thermischen Längenänderungen zu kompensieren, bedarf es geeigneter Kompensationselemente. Hierfür werden in der Regel so genannte U- oder Z-Dehnungsbögen eingesetzt, wodurch die Längenänderungen aufgenommen werden können. Dort, wo Dehnungen oder Stauchungen weitestgehend vermieden werden müssen, können die Fernwärmerohre auch thermisch vorgespannt werden. Um Wärmeverluste so gering wie möglich zu halten, werden die Fernwärmeleitungen mit Dämmmaterialien thermisch isoliert. Bei erdverlegten Leitungen wird in dem Dämmmaterial zur frühzeitigen Erkennung von Schäden an den Leitungen ein Leckage-Überwachungssystem integriert.

Die FWS-West wird auf der gesamten Trassenlänge in unterschiedlichen Bauverfahren hergestellt. So wird die erdverlegte Fernwärmeleitung in offenen Baugruben oder in grabenlosen Verfahren verlegt, die Unterquerung der Elbe erfolgt mit einem Tunnelbauwerk, in dem die Fernwärmeleitungen installiert werden. Auf Freileitungen, die auf Stützen oder Sockeln gestellt werden können, wird verzichtet.

Die Einrichtung der Baustellen erfolgt nach den Anforderungen der Richtlinie für die verkehrliche Sicherung von Arbeitsstellen an und auf Baustellen (RSA 95) sowie der technischen Regeln für Arbeitsstätten auf Straßenbaustellen (ASR 5.2); in Kapitel 3.10.8, Grundsätze des Arbeitsschutzes während des Baus, wird hierauf näher eingegangen.

In Kapitel 3.7.2 werden die verschiedenen Bauverfahren in ihrer grundsätzlichen technischen Ausführung dargestellt und die Umsetzung auf die Ausführung der FWS-West erläutert. Das Kapitel 3.7.3 beinhaltet die Beschreibung der technischen Ausstattung und des Bauablaufs der zu errichtenden Sonderbauwerke (begehbarer Tunnel mit Start- und Zielschacht sowie Hauptabsperrschächte). Im Kapitel 3.7.4 wird die eingesetzte Rohrtechnik betrachtet.

3.7.2 Beschreibung der Bautechnik

3.7.2.1 Baugruben (Rohrgräben)

Zum Bau der erdverlegten Leitungstrecken werden Baugruben (Rohrgräben) ausgehoben, in die die Fernwärmerohre verlegt werden. Je nach den Tiefenlagen von zu querenden Bestandsleitungen kann die Überdeckung variieren. Die Regelüberdeckung bei großen Fernwärmeleitungen liegt bei 1,50 m. Damit ist gewährleistet, dass der erforderliche Straßenaufbau wieder herstellbar ist und die Rohre auch unter den üblichen Versorgungsleitungen und Kabeln liegen; es ist jedoch auch eine Leitungstrasse oberhalb von Bestandsleitungen bei Reduzierung der Standardüberdeckung möglich. Tiefere Baugruben werden benötigt, um Fremdleitungen zu unterqueren, die nicht oder nur sehr aufwendig verlegt werden können; maximale Überdeckungen bis zu 3,00 m, durch Ergreifen besonderer Maßnahmen sogar bis zu 4,5 m, sind auf kurzen Strecken möglich. Die daraus resultierenden Tief- oder Hochpunkte im Leitungsverlauf unterliegen ggf. weiterer technischer Anforderungen (vgl. Kap. 3.7.4).

Der Regelquerschnitt eines Rohrgrabens ergibt sich aus der Regelüberdeckung und den vorliegenden technischen Regelwerken und Normen (u. a. AGFW, DGUV, DIN).

Mit der Überdeckung von 1,50 m wird ein Straßenaufbau von 0,70 m berücksichtigt. Unterhalb der Fernwärmerohre werden eine ca. 0,15 m Dränageschicht aus Kies und eine mindestens 0,20 m mächtige Sandbettschicht eingebracht. Unter Berücksichtigung der o. g. Tiefenangaben sowie eines erforderlichen Arbeitsraums zwischen und neben den Rohren ergibt sich ein Regelquerschnitt im Lichten mit den Abmessungen von (Breite x Grabentiefe) 3,50 m x 3,00 m für Leitungen mit KMR – DN 800/1100. Die Baugrubensicherung ist für den jeweils zu berücksichtigenden Straßenverkehr bemessen und wird sowohl für den Regelquerschnitt als auch für die tieferen Baugruben mittels Trägerbohlwand hergestellt.

Bei der Optimierung der FWS-West-Trassenführung wird eine Tiefenlage mit der oben beschriebenen Regelüberdeckung angestrebt.

Der Regelquerschnitt einer Baugrube ist in Abbildung 3.7–1 schematisch dargestellt.

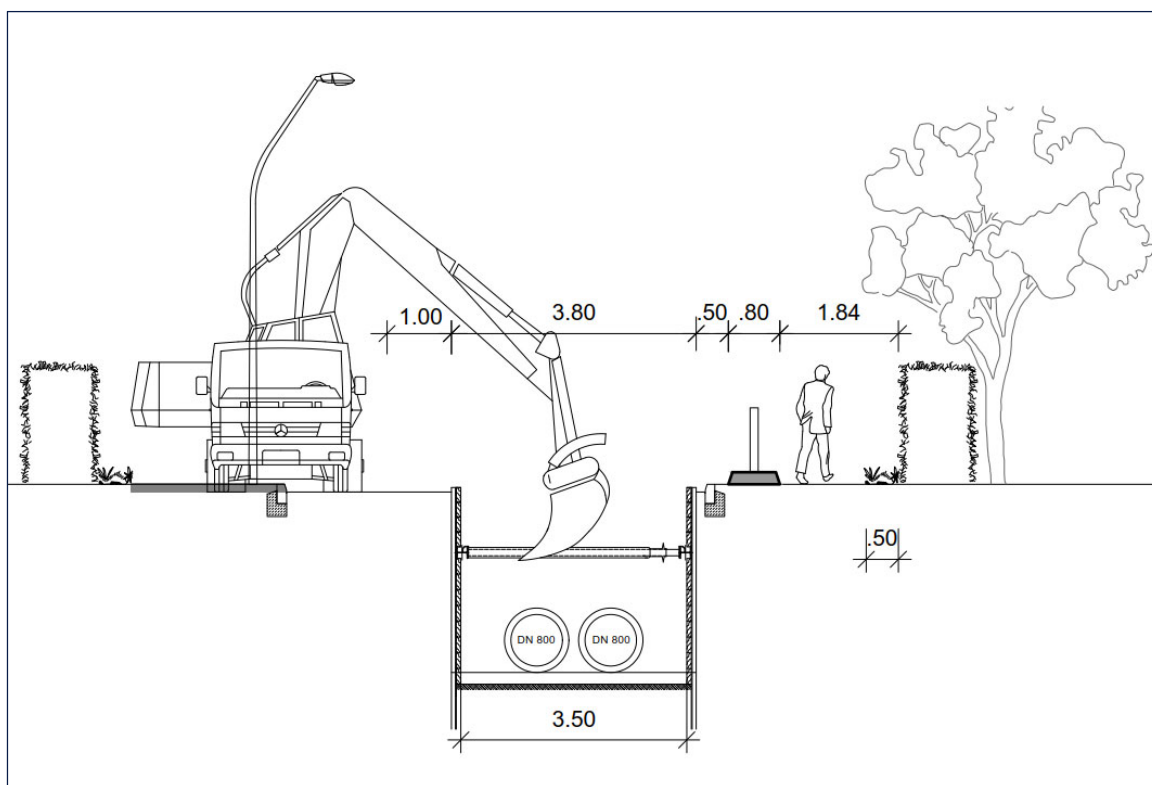


Abb. 3.7–1: Schematische Darstellung einer Baugrube [ARGUS]

Die Baugrube muss seitlich einen Schutzstreifen von einem Meter haben. Einseitig wird der Bauverkehr eingerichtet, die Breite der Baustelleneinrichtungsfläche (BE-Fläche) ergibt sich aus dem erforderlichen Arbeitsmaschineneinsatz. Dabei werden die Belange des Baum- und sonstigen Objektschutzes beachtet (Kap. 3.10.2). Auf der anderen Seite der Baugrube wird der Verkehr weitergeführt; je nach Flächenverfügbarkeit werden Verkehrswege für Fußgänger, Radfahrer und KFZ eingerichtet. Grundsätzlich wird die Zuwegung der Anlieger und Rettungsfahrzeuge gewährleistet, für die ggf. temporäre Brücken nach statischen Erfordernissen aus Stahlträgern, Holzbohlen o. ä. hergestellt werden; übliche Verkehrslasten werden berücksichtigt.

Für die Planung der Bauverfahren sind grundsätzliche Kenntnisse über den Baugrund und Grundwasserstand erforderlich. Deshalb wurden zunächst Archivunterlagen ausgewertet, um Informationen zu Baugrund, Grundwasserstand und Altlastverdacht zu erlangen. Die Ergebnisse sind dem Antrag beigelegt (13.1 Allgemeine Angaben zum Baugrund, 1. Bericht, Nr. 022474). Für die detaillierte Ausführungsplanung werden entlang der Trasse und Elbquerung im engen Raster Bohrungen erforderlich, um aktuelle und lagegenaue Informationen zu den Bodenkennwerten erlangen. Alle Bodenproben werden auch hinsichtlich der Anforderungen nach Deponieverordnung und LAGA M 20 analysiert.

Nach Stand der Archivrecherche wird die Rohrverlegung südlich der Elbe in den Auffüllungen oberhalb des mittleren Grundwasserstands stattfinden, das unterhalb der organischen Weichschichten liegt. Zeitweilig ist mit dem Auftreten von Schichten-, Sicker- und Stau-

wasser zu rechnen, das zur Trockenhaltung der Baugrube abgepumpt werden muss. Die Baugruben nördlich der Elbe befinden sich in bzw. oberhalb bindiger Geschiebeböden, die als Grundwasserhemmer eine geringe wasserdurchlässige Schicht darstellen. Die Grabensohle liegt deutlich oberhalb des Grundwasserstands, sodass das Grundwasser keinen Einfluss auf die Baumaßnahme haben wird. Zeitweilig ist mit dem Auftreten von Schichten-, Sicker- und Stauwasser zu rechnen, das zur Trockenhaltung der Baugrube abgepumpt werden muss. Temporäre Grundwasserabsenkungen werden nicht notwendig sein.

Die FWS-West wird vorwiegend im Straßenraum verlegt. Die Straßendecke muss zunächst mittels Fräse oder Asphaltsschneider und Stemmhammer aufgebrochen werden, ehe die Baugrube ausgehoben und durch die Trägerbohlwand gesichert werden kann. Eine Trägerbohlwand besteht aus senkrechten Traggliedern, i. d. R. Stahlträger, und einer Ausfachung aus Holz oder ähnlichen Materialien. Die Stahlträger werden in vorgebohrte Löcher eingehoben und bis zur erforderlichen Einbindetiefe erschütterungsarm einvibriert. Die Ausfachung erfolgt mit Beginn des Aushubs.

Anschließend werden die Fernwärmerohre durch einen Autokran in die Baugrube gehoben und in Position gebracht. Die Montage der Fernwärmerohre wird in Abschnitt 3.7.4 genauer beschrieben. Nach der Rohrverlegung werden die Baugruben verfüllt, die Träger gezogen und die Straße wiederhergestellt. Während der gesamten Baumaßnahme werden Bagger sowie Kipplader für den Bodenabtransport und später zur Anlieferung des Füllbodens eingesetzt.

3.7.2.2 Grabenloses Verfahren (Microtunneling)

Bei erdverlegten Fernwärmeleitungen kann es aufgrund der Umgebung nicht möglich sein, die Leitungen in offenen Baugruben zu verlegen; dies kann z. B. die Querung von Gleisen, Kreuzungen oder Gewässern betreffen. Hier werden dann grabenlose Verfahren eingesetzt. Die Querung der Elbe erfolgt in einem begehbaren Tunnel und ist als Sonderbauwerk in Kapitel 3.7.2.4 beschrieben. Das Brückenbauwerk der S-Bahnlinie 1/11 in Othmarschen wird durch das grabenlose Bauverfahren gequert. Aufgrund des geringen Lichtraums unterhalb des Brückenüberbaus sowie der vorhandenen Gründung des Brückenwiderlagers wäre die Herstellung eines geeigneten Grabenverbau technisch nicht durchführbar. Außerdem wäre mit Setzungen des flach gegründeten Brückenwiderlagers bei einem offenen Graben zu rechnen. Nachfolgend wird das vorgesehene Verfahren für die Rohrverlegung, das Microtunneling, erläutert.

Beim Microtunneling handelt es sich um ein Rohrvortriebsverfahren, das unbemannt und ferngesteuert betrieben wird. Ausgehend von einem zu errichtendem Startschacht wird ein Stahlbetonschutzrohr mittels Pressen durch den Baugrund hin zu einem Zielschacht getrieben. Der Boden wird an der Ortsbrust abgebaut und mit einer hydraulischen Förderung (z. B. Bentonitsuspension) zum Startschacht gefördert. Von dort wird er über eine Separationsanlage gefahren, um die Bentonitsuspension zurück zu gewinnen. Für das Schutzrohr ergibt sich ein Durchmesser von DN 1400. Die Schutzrohre verbleiben im Baugrund, anschließend werden die Fernwärmerohre in die Schutzrohre eingezogen. Die Bau-

gruben des Start- und Zielschachtes werden als dauerhafte Schachtbauwerke ausgeführt, die über erdverlegte Revisionsdeckel erreichbar sind. Die Revisionsöffnungen haben ausreichende Abmessungen, um einen Austausch von den 6,0 m langen Rohrstangen zu ermöglichen.

Die Steuerung und Überwachung des Vortriebs wird aus einem schallisolierten Betriebscontainer betrieben, um so auch eine innerstädtische Anwendung zu ermöglichen. Die elektrischen Anlagen, die für den Vortrieb benötigt werden, sind ebenfalls in dem Container untergebracht. Die Separationsanlage setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen und wird aus Gründen des Schallschutzes auch in Containern eingehaust. In Abbildung 3.7–2 ist das Microtunneling schematisch dargestellt.

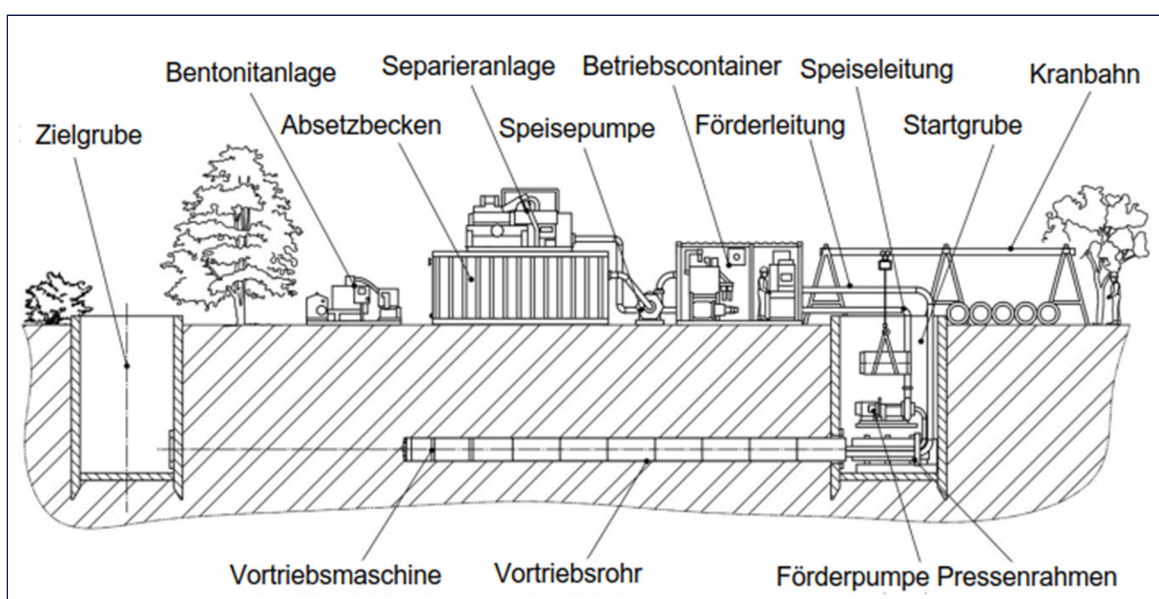


Abb. 3.7–2: Schematische Darstellung Microtunneling mit Spülförderung [DWA-A 125, 2008]

Bei Unterquerung von Objekten sind Abstände nach den gültigen Vorschriften für Rohrvortriebe einzuhalten. Die Mindestüberdeckung unter öffentlichen Straßenanlagen sowie Gleisanlagen ergibt sich aus dem minimalen Wert von Überdeckungshöhe (h_u) $\geq 2 \times Da \geq 2,00$ m. Der Abstand zwischen den Schutzrohren muss unter Gleisanlagen mindestens $4 \times$ Nenndurchmesser (DN) betragen, unter Straßen muss ein Abstand von rund $1 \times$ Außendurchmesser (Da) eingehalten werden. Die Abstände zu dem Brückenbauwerk sind im Plan D-Q-002, Kapitel 9, ablesbar und entsprechen den Anforderungen der Richtlinien und Vorgaben für Bauwerke auf Gelände der DB.

Die Baugruben für die Schächte werden mittels Spundwänden gegen Erddrücke gesichert. Für diese erforderliche Aussteifung werden Steifen vorgesehen, die während des Aushubes installiert werden müssen. Um Lärmbelastung und Erschütterungen möglichst gering zu halten, werden die Spundbohlen durch einen Vibrationsbär einvibriert. Anschließend werden die Baugruben mit einem Bagger ausgehoben, eine Unterwasser(UW)-Betonsohle

hergestellt und das Baugrubenwasser gelenzt (Kapitel 3.10.5.10.) Für die Herstellung der UW-Betonsohle und der Schächte werden mobile Betonpumpen und Radlader benötigt, die Schachtwände aus Ortbeton werden direkt gegen den Verbau betoniert.

Durch die Vorpressung der Schutzrohre entstehen hohe Vorpresskräfte, die in den Baugrund eingeleitet werden müssen. An der Rückwand der Baugrube (Startschacht) wird daher ein Widerlager angeordnet. Das Widerlager wird gegen die Spundwand betoniert, die somit als verlorene Schalung dient. Im Zielschacht wird die Vortriebsmaschine demon- tiert und herausgehoben. Die Schutzrohre für den Vor- und Rücklauf werden nacheinan- der vorgetrieben, weshalb die Vortriebsmaschine zweimal in den Startschacht eingebracht werden muss. Der Vortrieb arbeitet erfahrungsgemäß mit einer Geschwindigkeit von rund 5 m/d. Anschließend werden die FW-Rohre über einen Kran in den Startschacht gehoben, verschweißt und in die Schutzrohre eingezogen.

Im Anschluss an die Rohrverlegung werden für die beiden Schächte Revisionsdeckel aus Stahlbeton hergestellt. So können zügige Austauschmaßnahmen der Rohrleitungen ge- währleistet werden. Für die Wiederherstellung des Ausgangszustandes werden die Spund- wände an der Schachtwandoberkante abgebrannt und rückgebaut. Mit den Revisionsdek- keln werden die Schächte anschließend verschlossen. Der Straßenaufbau oberhalb des Revisionsdeckels wird nach dem Verschließen der Schächte wiederhergestellt.

3.7.2.3 Tunnelbauwerk

Für das Auffahren des Tunnels zur Elbunterquerung wird am Südufer der Elbe am Jacht- weg ein Startschacht (Dükeroberhaupt) und am Nordufer der Elbe im Hindenburgpark ein Zielschacht (Dükerunterhaupt) erforderlich. Nachfolgend werden alle drei Bauwerke be- schrieben.

Schachtbauwerke

Beide Schachtbauwerke reichen tief in das Grundwasser, das zudem auch tidebeeinflusst ist. Das Gebiet zwischen Köhlfleethafen und Petroleumhafen ist weiträumig als Altlast ein- gestuft, im Hindenburgpark konnten auf Grundlage der Archivrecherche keine Bodenbe- lastungen erkannt werden (13.1 Allgemeine Angaben zum Baugrund, 1. Bericht, Nr. 022510, Kap. 6). Im Rahmen der weiteren Baugrunderkundungen werden kleinräumig Bohrkerne gezogen und hinsichtlich ihrer Bodenkennwerte und Schadstoffbelastung ana- lysiert (s. o.). Daraus abgeleitet wird das Verfahren zur Herstellung der Schachtbaugruben sowie das erforderliche Boden- und Entsorgungsmanagement erstellt.

Um eine Grundwasserbeeinflussung durch großflächige und langfristige Grundwasserab- senkungen zu vermeiden, wird für die Schächte eine grundwasserschonende Trogbaugru- be mittels Wand-Sohle-Methode realisiert. Hierbei werden die Wände und die Sohle was- serundurchlässig hergestellt. Für die Sohle können künstliche (Beton) oder natürliche (bindige Böden) Materialien eingesetzt werden, die Wände können entweder als Schlitz-

wände oder Bohrpfahlwände hergestellt werden. Die gesamte Baugrubenkonstruktion wird bei Bedarf durch Micropfähle gegen Aufschwimmen gesichert.

Der obere Bodenaushub ab Geländeoberkante bis zum Grundwasserspiegel wird als Trockenaushub mit herkömmlichen Baggern erstellt. Der Aushub unter Wasser erfolgt je nach anstehendem Boden mittels Saugbagger oder durch Greifer.

Bei der Wand-Sohle-Methode mit grundwasserschonender Bauweise wird nach vollständigem Bodenaushub zunächst die Baugrube gelenzt, anschließend wird eine Restwasserhaltung betrieben. Vor dem Lenzen wird das Baugrubenwasser analysiert, damit es ordnungsgemäß abgeleitet werden kann. Grundsätzlich möglich wäre eine Einleitung in Grundwasser, Vorfluter oder Siele sowie geeignete Kläranlage. Bei Bedarf sind entsprechende Vorbehandlungsmaßnahmen zu ergreifen. Die Restwasserhaltung umfasst die Aufnahme des nach dem Lenzen durch Baugrubenwände und -sohlen eindringenden Sickerwassers, die Ableitung erfolgt analog (Kap. 3.10.6).

Nachfolgend werden mögliche Verfahren zur Herstellung einer Trogbaugrube abgebildet.

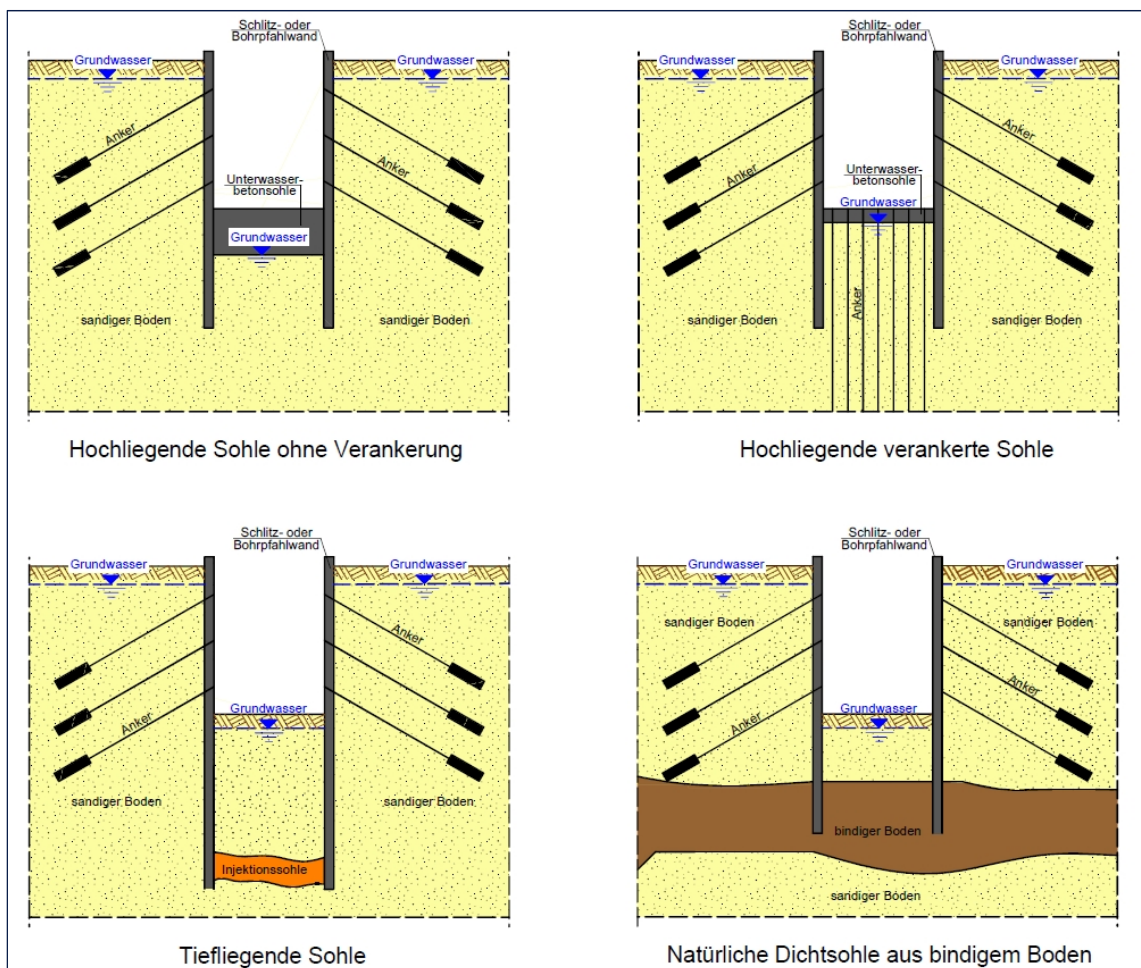


Abb. 3.7–3: Bauweisen für eine Trogbaugrube (Wände sind rückverankert)
[DWA, 2008]

Bei allen Verfahren bleibt der Grundwasserstand außerhalb der Bauwerke unbeeinflusst, es gibt weder während der Bauphase noch im Betrieb eine Grundwasserabsenkung. Die Festlegung auf ein Verfahren findet im Zuge der weiteren Detailplanung und auf Grundlage aktueller Erkenntnisse der Baugrunderkundungen statt.

Während der Bauzeit und für die Schachtzugänge im Betrieb muss der Hochwasserschutz der Anlagen sichergestellt werden. Der Schacht am Jachtweg liegt im Polder Dradenau und eine Flutung des Polders muss ausgeschlossen werden. Deshalb wird das Dükeroberhaupt wasserdicht ausgebildet. Der Schacht wird monolithisch mit seinem zugehörigen Zugangsbauwerk hergestellt und bis über die Bemessungshochwasserhöhe geführt. Das Zugangsbauwerk verfügt über eine Fluchtklappe in der Decke. Die Zugangstüren und Schachtdeckel werden druckwasserdicht ausgebildet. Durch diese Maßnahmen kann auf ein Schott im Tunnel verzichtet werden. Der Schacht im Hindenburgpark liegt oberhalb der Bemessungshochwasserhöhe. Somit müssen hier keine weiteren Maßnahmen zum Hochwasserschutz ergriffen werden.

Tunnelbauwerk

Die Unterquerung der Elbe ist mit einem begehbaren Tunnel vorgesehen (Kap. 10.5, Zeichennummer LS-TU-001). Er ist mit einem lichten Querschnitt von 3,70 m geplant und wird mittels Tübbingvortrieb unter der Elbe aufgefahren. Die Tunnelbohrmaschine (TBM) baut mithilfe eines Schneidrads, das mit Abbauwerkzeugen bestückt ist, den Boden an der Ortsbrust ab.

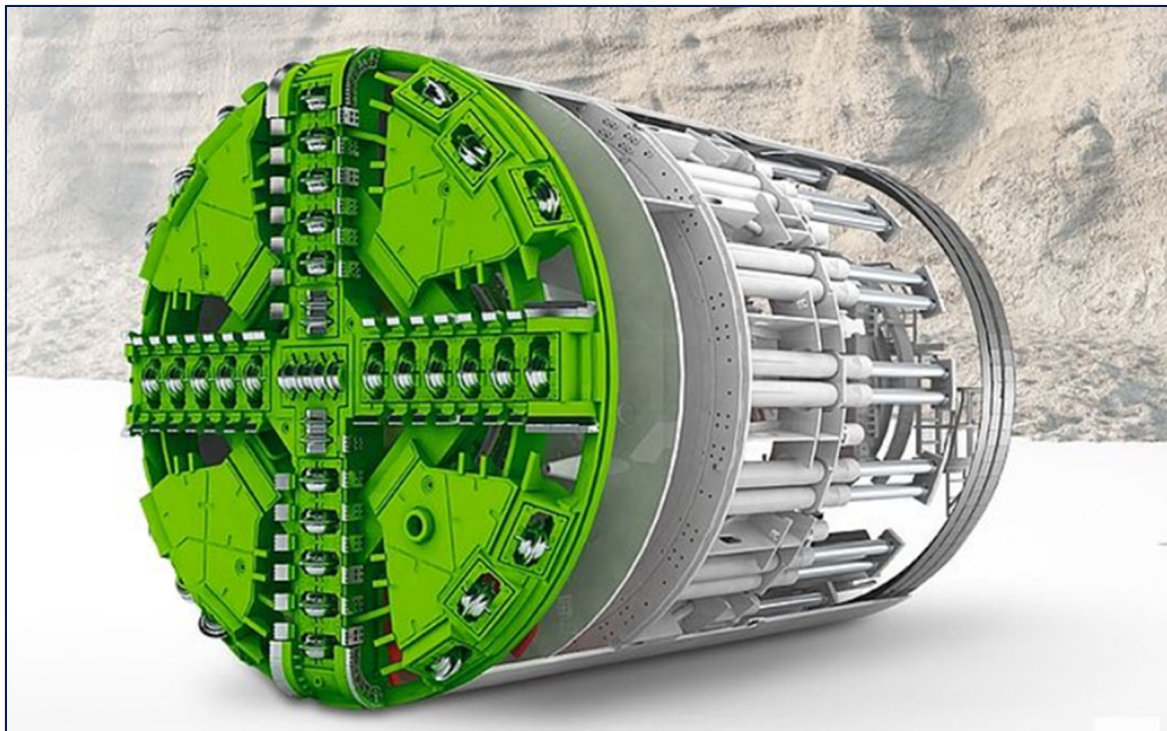


Abb. 3.7–4: Schneidrad mit Abbauwerkzeugen [Herrenknecht, 2020]

Unmittelbar hinter der TBM wird die Tunnelröhre aus mehreren Segmenten zu einem Ring zusammengesetzt. Die Ringlänge ist dabei von den Abmessungen der TBM abhängig. Die TBM drückt sich jeweils an dem zuletzt gebauten Ring mit den Vortriebspresen ab und beginnt den nächsten Vortriebszyklus um die Länge eines Rings.

Die Versorgung der TBM erfolgt über den Startschacht. Dort werden die Tübbingsegmente in die Baugrube herabgelassen, auf den Versorgungszug geladen und durch den Tunnel zur TBM gebracht. Die Schienen für den Versorgungszug werden parallel zum Vortrieb je nach Baufortschritt sukzessive mit eingebaut und entsprechend verlängert.

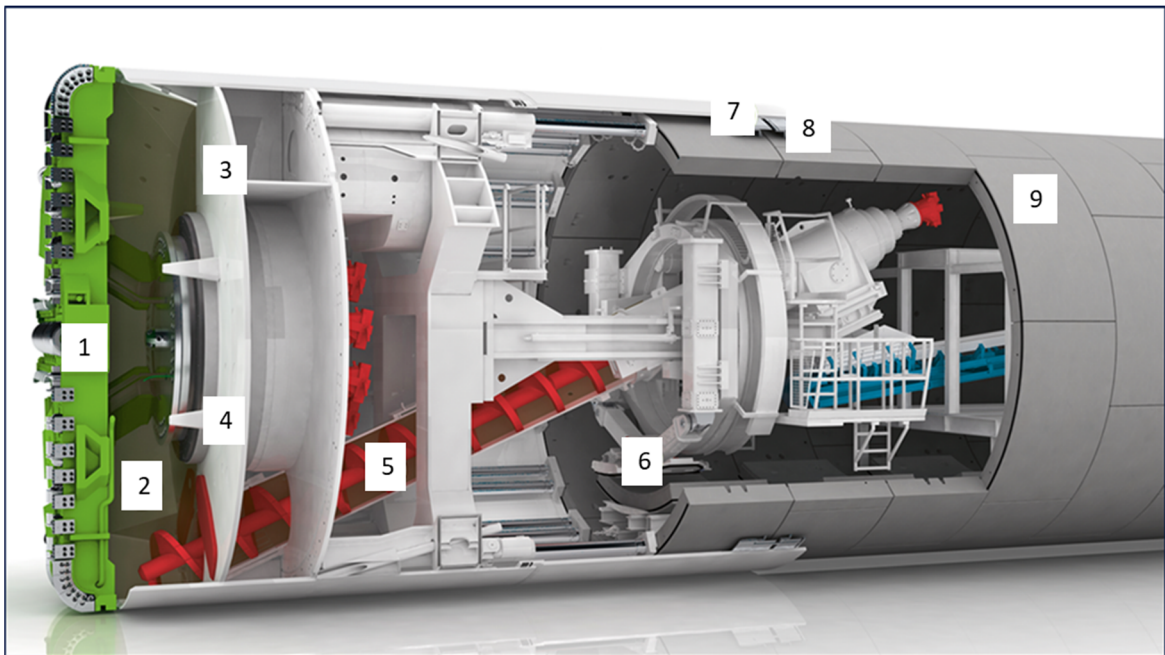


Abb. 3.7–5: Prinzip des Tübbingvortriebs im EPB-Modus [Herrenknecht, 2020]

1 Schneidrad, 2 Abbaukammer, 3 Druckwand, 4 Mischflügel, 5 Förderschnecke, 6 Tübbingerektor, 7 Schildschwanz, 8 Ringspaltverfüllung, 9 Tunnelauskleidung (Tübbingsegmente)

Der Tunnelstrang samt TBM ist wasserdicht verschlossen, sodass er unter atmosphärischem Druck steht. Dadurch ist der Tunnel bereits im Bauzustand für Wartungs-, Reparatur- und Vermessungstätigkeiten begehrbar. Da die TBM direkt aus der Maschine gesteuert wird, hält sich das Bedienpersonal in einem Steuerstand auf der TBM auf.

Der Tübbingvortrieb wird im Earth-Pressure-Balanced Modus (EPB-Modus) aufgeföhren. Dieses Verfahren wird bei stark bindigen Böden eingesetzt, da hier die Kohäsionskräfte des Bodens genutzt werden können. Grundsätzlich basiert der Vortrieb mit einer EPB-TBM auf dem folgenden Grundprinzip: Der anstehende Boden vor dem Schneidrad muss soweit konditioniert werden, dass die Reibung zwischen den Bodenteilchen reduziert und Luft als Druckpolster in den Boden eingearbeitet werden kann. Dieses „eingearbeitete“ Druckpolster dient der Homogenisierung des Stützdruckes. Der an der Ortsbrust wirkende Erd- und Wasserdruck wird durch den Erdbreidruck in der Abbaukammer ausbalanciert. Dadurch wird ein Mehraushub ausgeschlossen und die Setzungen werden minimiert. Während Vortriebsstillständen kann die Luft in den Baugrund diffundieren und der Stützdruck würde absinken. Diesem kann durch eine erneute Konditionierung und Schneidraddrehen oder der Zugabe von Bentonit entgegengewirkt werden.

Zum Erhalt eines homogenen Erdbreis und somit Stützdruckes können verschiedene Konditionierungsmittel zugegeben werden. Die Art der Konditionierung und der eingesetzten Zusatzstoffe wird in Abhängigkeit des Baugrunds anhand von Vorversuchen gewählt. Die Vorversuche werden an frischen Bodenproben (z. B. Aushub vom Startschacht) durchgeführt, um ihre grundsätzliche Eignung festzustellen. Auf Grundlage der Ergebnisse wird dann Art und Menge des Zusatzstoffes zusammengestellt und während des Baufortschrit-

tes regelmäßig angepasst. Dabei wird darauf geachtet, die Einsatzmengen zu minimieren. Die Zusatzstoffe verbleiben im abgebauten Boden und dringen nicht in den umgebenden Baugrund ein. Die Zusatzstoffe sollen sowohl die Kohäsion (Haltekräfte zwischen Bodenteilchen) als auch die Adhäsion (Anhaftungen an z. B. Schneidrad) beeinflussen, sodass der gelöste Boden über die Förderschnecke und Förderbandanlage abtransportiert werden kann. Grundsätzlich kommen folgende Zusatzstoffe zum Einsatz:

- **Wasser**
Wasser ist der günstigste Zusatzstoff, das entweder natürlich zufließt oder durch die Schaum- bzw. Bentonitlanzen zugesetzt wird. Der Wasseranteil hat erhebliche Auswirkungen auf die Verklebung, den inneren Scherwiderstand und die Entsorgungswege.
- **Tenside**
Tenside sind die Basis für die Konditionierungsschäume. Sie werden durch die Vermischung von Wasser und Luft (im Schaumgenerator) zu Schaum aufgemischt. Die Blasengröße und Stabilität ist bei unterschiedlichen Tensiden und Schaumgeneratoren variabel. Die Stabilität ist ein entscheidendes Auswahlkriterium für die Tenside. Durch Zugabe der Tenside in den Boden wird die innere Reibung des Erdbreis stark reduziert. Die Menge der Zugabe hat direkte Auswirkung auf die Entsorgung des Aushubs. Eine abgeschätzte Verbrauchsmenge an Tensiden liegt bei ca. 4,0 bis 5,0 l/m³ abgebauter Boden. Dieser Wert wird in Abhängigkeit des Baugrundgutachtens im Zuge der Vorversuche verifiziert.
- **Bentonit**
Anstelle von Wasser, das durch grobporige Wegigkeiten im Baugrund abfließen kann, kann Bentonit dem Ausbruchboden zugegeben werden. Dadurch wird einerseits eine erhebliche Menge an Feinstteilchen zugemischt und eine bessere Verbindung zwischen anderen Zusatzstoffen und dem Aushubboden ermöglicht. Andererseits wird auch durch die reine Zugabe von Bentonit, in Form einer Suspension, die Wegigkeiten durch grobporigen Boden abgesperrt und die Übertragung eines Stützdruckes auf den umgebenden Baugrund ermöglicht.
- **Dispergierungspolymere**
Zudem können Dispergierungspolymere bzw. Tenside mit einem Dispergiermittel eingesetzt werden, die zur Reduzierung von Verklebungen und Anhaftungen der Tonminerale beitragen und somit den Materialfluss durch das Schneidrad verbessern. Ein beispielhaftes Sicherheitsdatenblatt mit dem entsprechenden technischen Datenblatt ist als Anlage beigelegt (Kap. 3.12, Anhang 3.7-1).

Der Bodenaushub wird im Tunnel über die Förderschnecke auf eine Förderbandanlage geworfen und bis zum Startschacht transportiert. Mit einem Vertikalförderer wird der Aushub an die Oberfläche gebracht und bis zum Aushublager transportiert. Die Lagerfläche wird entsprechend den Anforderungen der „Verordnung über Anlagen zum Umgang mit

wassergefährdeten Stoffen“ (AwSV) hergestellt. Für einen 1,2 m langen Tübbingring fallen etwa 21 m³ (bei DN 3700) Aushub an. Das austretende Sickerwasser wird aufgefangen. Der (teil) entwässerte Boden sowie das austretende Sickerwasser werden nach den einschlägigen Vorschriften (Deponieverordnung, LAGA M 20, IndirekteinleitV und Hamburg spezifische Anforderungen) analysiert und entsprechend der Ergebnisse ordnungsgemäß entsorgt.

Bei Vortrieben dieser Größenordnung erfolgt der Tunnelbau in der Regel im Durchlaufbetrieb, das heißt 24 Stunden pro Tag an sieben Tagen pro Woche (24/7). Das Personal arbeitet im Schichtbetrieb.

3.7.3 Ausstattung der Sonderbauwerke (Tunnelbauwerk, Hauptabsperrschächte)

3.7.3.1 Begehbare Tunnel und Schachtbauwerke der Elbquerung

In den Schächten sind Arbeitsbühnen und Treppen vorhanden, über die der Tunnel für Inspektionsbegehungen erreicht werden kann. In den Arbeitsbühnen sind Öffnungen freigehalten, damit in dem Schacht vertikale Materialtransporte und bei Bedarf Rettungstransporte durchgeführt werden können. Hierfür sind in den Schächten unter den Decken Träger für Hebezeuge vorgesehen, Die Fernwärmerohre verlaufen in den Schächten vertikal und sind in einer Bühnenebene aufgehängt, damit Bewegungen zur Kompensation möglich sind.

Die Fernwärmeleitungen (Vor- und Rücklauf) werden im Tunnel als Freileitung übereinander auf Stützen an einer Tunnelseite verlegt. Der Abstand der Stützen beträgt circa 15 m, die Rohre sind mit Mineralwolle gedämmt und mit einem Blechmantel umhüllt. Die Stützen bestehen aus verzinkten Stahlkonstruktionen mit darauf verschraubten Doppelzylinder-V-Rollenlager. In der Nähe des Tiefpunktes des Tunnels werden die Rohrleitungen durch Festpunkte fixiert. Dort werden zwei Pumpen aufgestellt, mit denen zum Zwecke der Leitungsentleerung Wasser aus dem Vorlauf in den Rücklauf und umgekehrt gepumpt werden kann. Der Laufweg wird neben den Rohren mit Gitterrosten realisiert. Zusätzlich werden auf dem Laufweg Schienen integriert, auf denen ein Wagen geschoben werden kann. Der Querschnitt des begehbaren Tunnels ist in Abbildung 3.7–6 schematisch dargestellt.

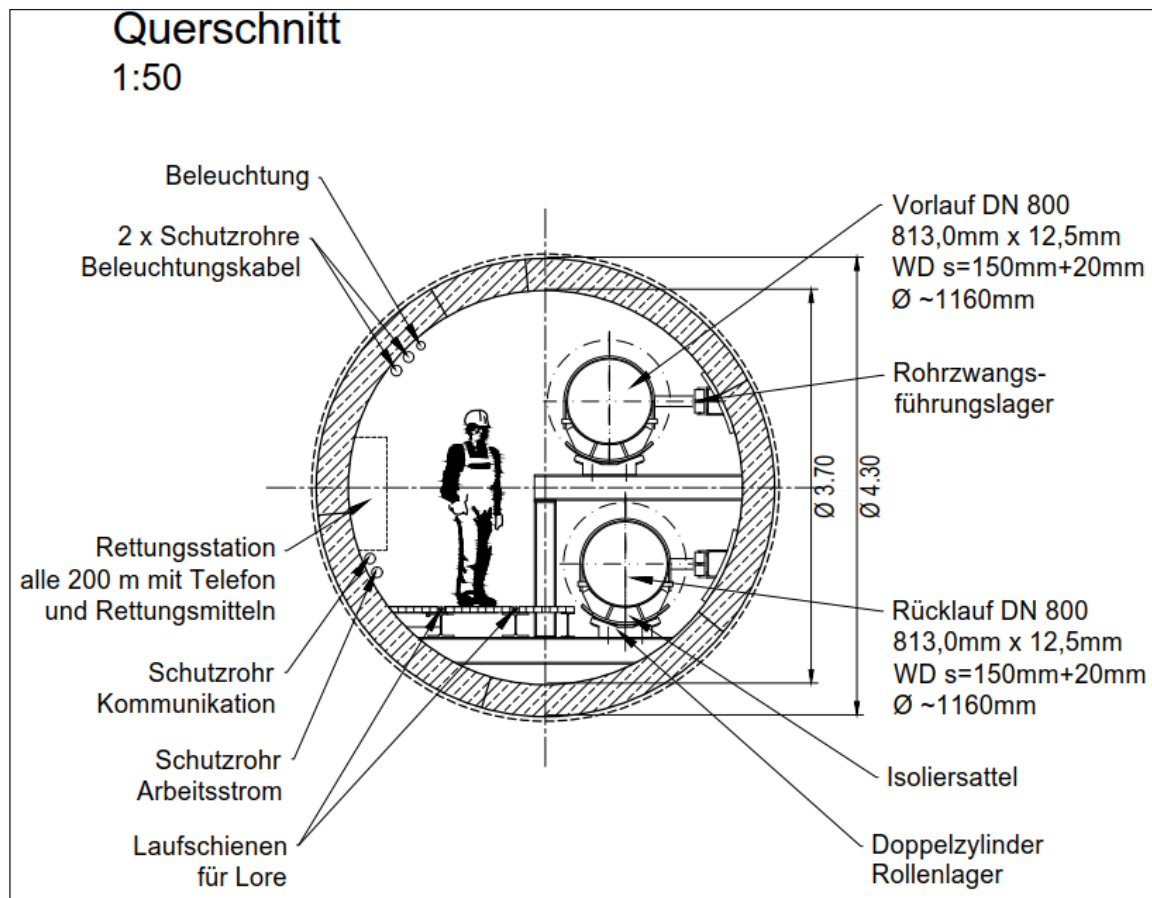


Abb. 3.7–6: Querschnitt des begehbaren Tunnels (Prinzipskizze) [GEF]

Technische Gebäudeausstattung (TGA)

Das Tunnelbauwerk wird mit einem System ausgestattet, das einen Aufenthalt zu Wartungs- und Reparaturarbeiten im Tunnel und den Zugangsbauwerken ermöglicht. Neben der Beleuchtung und Belüftung des Tunnels gehört dazu vor allem auch die sicherheitstechnische Installation, die ein Festnetztelefonsystem umfasst. Darüber hinaus gehören zur TGA die Anschlüsse an die öffentliche Strom- und Trinkwasserversorgung sowie an die Abwasserentsorgung, Telekommunikationsanlagen und Maßnahmen zum Brandschutz. Im Tunnelverlauf der Fernwärmetrasse sind Wärmelasten abzuführen. Die zuströmende Außenluft wird mit max. 25 °C angesetzt. Die Erwärmung des Tunnels wird über die Länge als konstant angenommen. Es wird davon ausgegangen, dass durch die Tunnelwandung keine brennbaren oder gefährlichen Stoffe und Gase in den Tunnel eindringen – die Installation ist nicht in Ex-Ausführung vorgesehen.

Zur Reduzierung der Brandlast werden alle Stromkabel im Tunnel in geerdeten Stahlrohren verlegt. Alle 100 m besteht die Anschlussmöglichkeit für einen Trenntransformator, der zur Entkopplung der Stromnetze dient. Bei Durchführungen durch Decken und Wände in F 90-Qualität werden R 90-Rohrabschottungen (z. B. Brandschutzrohrschalen) gemäß Leitungsanlagen-Richtlinie verwendet.

Die Telefonanlage wird mit einem Anschluss an das öffentliche Telekommunikationsnetz ausgestattet.

Das Grundwasser, das aus dem Erdreich als geringfügiges Leckagewasser durch die Fugen des Tunnels kontinuierlich eindringt, wird über eine Kaskadenentwässerung abgeführt. Das Wasser sammelt sich im Tiefpunkt des Tunnels in einem Pumpensumpf. Von dort wird es mittels einer Pumpe und einer Entwässerungsleitung in Richtung des nächsten Schachtes (Startschacht: Entfernung ca. 300 m) befördert. Um das Wasser über die entsprechende Entfernung und Höhendifferenz transportieren zu können, sind ca. alle 100 m zusätzliche Pumpensümpfe und Pumpen erforderlich. Im Startschacht wird das Wasser über eine Steigleitung in das Betriebsgebäude befördert und von dort dem Mischwassersiel zugeführt.

Die Trinkwasserversorgung der beiden Schachtbauwerke erfolgt über einen Trinkwasseranschluss an das öffentliche Netz. Die Planung und Ausführung der Trinkwasseranlage erfolgt gemäß den aktuellen Normen und Richtlinien (u. a. DIN 1988, DIN EN 806-1 bis -5, Trinkwasserverordnung sowie den DVGW-Richtlinien). Um eine Stagnation des Trinkwassers auszuschließen, werden die Leitungen automatisch alle 72 Stunden durchgespült. Die Planung der Regenwasser- und Schmutzwasseranlagen erfolgt gemäß aktueller Normen und Vorschriften (DIN 1986 und DIN EN 12056) sowie den Anforderungen des Hamburgischen Abwassergesetzes und den allgemeinen Einleitungsbedingungen für das Ableiten von Abwasser in die öffentlichen Abwasseranlagen.

Die Stromversorgung erfolgt beidseitig des Tunnels mit Installation einer Niederspannungshauptverteilung. Die Anzahl der benötigten Anschlüsse hängt von der endgültigen technischen Ausstattung der Schachtgebäude ab. Um den Tunnel mit elektrischer Energie für Steckdosen, Beleuchtung und Schwachstrominstallationen (Telefon, Datennetz) zu versorgen, wird alle 100 m ein Anschlusspunkt für einen Trenntransformator vorgesehen. An den Endpunkten der Kabel werden Anschlusspunkte für Trenntransformatoren und Aufputzunterverteilungen installiert, um hier die notwendigen Untersicherungen unterbringen zu können. Von diesen Unterverteilungen aus werden die jeweiligen Verbraucher in den Tunnelabschnitten versorgt. Die Unterverteilungen sind nur im Wartungsfall mit Spannung versorgt.

Die Beleuchtung des Tunnels wird redundant von beiden Zugangsgebäuden aus realisiert. Es werden doppelt so viele Leuchten installiert, wie zur Beleuchtung des Tunnels nötig wären. Wenn die Spannungsversorgung in einem Zugangsgebäude zusammenbricht, wird der Tunnel von der gegenüberliegenden Uferseite immer noch ausreichend beleuchtet und sich im Tunnel aufhaltendes Wartungspersonal kann sicher den Tunnel verlassen.

In dem Schacht auf der Südseite der Elbe wird ein Unterdrucksystem vorgesehen, mit dem die Luft im Tunnel ausgetauscht werden kann. Die Aufteilung auf zwei Ventilatoren stellt eine Redundanz (ca. 2/3 Leistung) für einen Notbetrieb dar. Um für eine ausreichende Kühlung der Tunnelluft und Frischluftversorgung des Wartungspersonals zu ge-

währleisten, wird ein 2-facher Außenluftwechsel zu Grunde gelegt. Dies führt zu einer Gesamtluftmenge ca. von 30.000 m³/h. Außerdem wird mittels integrierter Sensoren der Nachweis erbracht, dass überall ausreichend Luft zum Arbeiten vorhanden ist (Sauerstoffgehalt, Temperatur, Feuchtigkeit, CO, CO₂). Die Luftführung wird von der nördlichen zur südlichen Elbseite erfolgen, damit die Geräusch emittierenden Ventilatoren nicht innerhalb der Parkanlage stehen. Für die Frischluftnachströmung sind im Bereich des nördlichen Schachtes Öffnungen für einen ausreichenden Lüftungsquerschnitt zu berücksichtigen. Die offene Fläche im Hindenburgpark zwischen Elbchaussee und Elbufer stellt eine besondere Sichtbeziehung dar, die möglichst von Bauwerken frei gehalten werden soll. Daher wird auf einen hohen Lüftungsturm oberhalb des Bauwerks verzichtet und stattdessen ein flacher geometrischer Körper mit seitlichen Lüftungsgittern (Höhe < 1,5 m) gewählt. Es wird von der Vorgabe der Richtlinie VDI 6022 abgewichen, die Außenluftansaugstellen min. 3 m Abstand zum Boden fordert, da sie nur für Aufenthaltsräume gilt. Da das Schachtbauwerk lediglich zu Wartungszwecken (ca. 2 Mal im Jahr) betreten wird, handelt es sich nicht um einen Aufenthaltsraum. Somit ist die Abweichung von der Richtlinie VDI 6022 vertretbar. Die Fortluftführung erfolgt südlich der Elbe über Wetterschutzgitter im Zugangsgebäude. Die Druckverluste werden im Wesentlichen durch die Lüftungstechnischen Komponenten bestimmt, also durch Schalldämpfer, Gitter, Filter usw. Der Druckverlust des Tunnels selbst liegt deutlich darunter. Die Ventilatoren können im Brandfall zur Abführung der Rauchgase analog einer Garagenabluft genutzt werden. Aufgrund der minimalen Brandlasten im Tunnel werden keine Entrauchungsventilatoren berücksichtigt. Der Betrieb der Tunnellüftung wird raum- und Außentemperaturabhängig gesteuert.

Für die Zugangsgebäude werden äußere Blitzschutzanlagen vorgesehen. Die Ausführung erfolgt gemäß der DIN EN 62305 (VDE 0185, Teil 2: 2006-10). Die Bewertung des Risikos und Einstufung der Gebäude in die Blitzschutzklasse erfolgt in Anlehnung an die VDS-Richtlinie.

Hinsichtlich der Beleuchtung wird der Schacht als Treppenhaus bewertet. Somit ist die Beleuchtungsstärke auf 150 Lux auf der Treppe auszulegen. Hierzu ist eine Leuchte geplant, die über den Podesten installiert wird. Die Leuchte soll den Treppenaufgang und den Treppenabgang erhellen. Die Beleuchtung für das Zugangsgebäude wird gemäß der Arbeitsstättenrichtlinie „Beleuchtung“ (ASR A3.4) installiert.

Der Tunnel wird als begehbarer Unterflurtunnel eingestuft. Für die Beleuchtung des Tunnels werden pro 100 m neun LED- Feuchtraumwannenleuchten (Lichtstrom: ca. 4.500 lm, Lichtfarbe tageslichtweiß 6.500 K) benötigt. Damit ergibt sich eine Beleuchtungsstärke von 50 Lux im Tunnel. Von den Unterverteilungen aus werden jeweils in beide Richtungen 100 m Tunnel beleuchtet.

Grundsätzliche Gestaltung des Rettungskonzeptes

Nachfolgend werden die grundsätzlichen Einrichtungen des Rettungskonzeptes beschrieben. Seine Details werden im Rahmen des Ausführungskonzeptes mit dem Tunnelbauer

ausgearbeitet und mit der zuständigen Behörde (Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, Amt für Arbeitsschutz und der Feuerwehr) im Detail abgestimmt.

Im Abstand von jeweils 5 m werden Positionsmarkierungen mit Angaben zu den Fluchtwegelängen in beide Richtungen angebracht. Diese Markierungen sind aus reflektierendem Material.

Im Abstand von 200 m werden im Tunnel sowie auf allen wesentlichen Schachtebenen Telefone (Minentelefone) angebracht, die Anschluss an das betriebliche Telefonnetz haben. Bei jedem Telefon werden eine Marinetrage und ein Erste-Hilfe-Set positioniert. Zusätzlich wird an beiden Schächten ein faltbarer Wagen vorgehalten, auf dem die Marinetrage befestigt werden kann. Im Falle eines Rettungseinsatzes wird der Wagen aufgefaltet und kann auf den Schienen zum Einsatzort geschoben werden. Der Wagen verfügt über eine Bremse, ähnlich den Kofferkulis am Flughafen. Die Bremse muss aktiv gedrückt werden, um sie zu lösen. Der Wagen ist so geplant, dass er von einer Seite geschoben und von der anderen gezogen werden kann. In den Schächten werden Hebeanlagen vorgehalten, sodass ein Verletzter in der Marinetrage bis auf die höchste Schachtebene gehoben werden kann. Im Rahmen der o.g. können u. a. weitere Standorte für die faltbaren Wagen, Telefone und Beleuchtungseinrichtungen ausgewiesen werden.

Betriebs- und Störmeldungen der Anlagen sollen auf beiden Tunnelseiten im Zugangsreich signalisiert werden.

Die Betriebsanweisungen und das Rettungskonzept werden auf Grundlage der Gefährdungsanalyse jeweils für Bauphase und Betrieb erstellt.

3.7.3.2 Hauptabsperrschächte

Hauptabsperrschächte dienen zur Installation von Absperrarmaturen im Bereich von erdverlegten Fernwärmeleitungen. Die Absperrarmaturen werden genutzt, wenn z. B. Reparaturarbeiten in einem Trassenabschnitt durchgeführt und dazu der Leitungsabschnitt entleert werden muss. Der maximale Abstand zwischen zwei Absperrschächten wird so gewählt, dass das Netzvolumen zwischen zwei Absperrungen 700 m³ nicht überschreitet. In der nachfolgenden Abbildung wird der Querschnitt eines Hauptabsperrschachtes dargestellt.

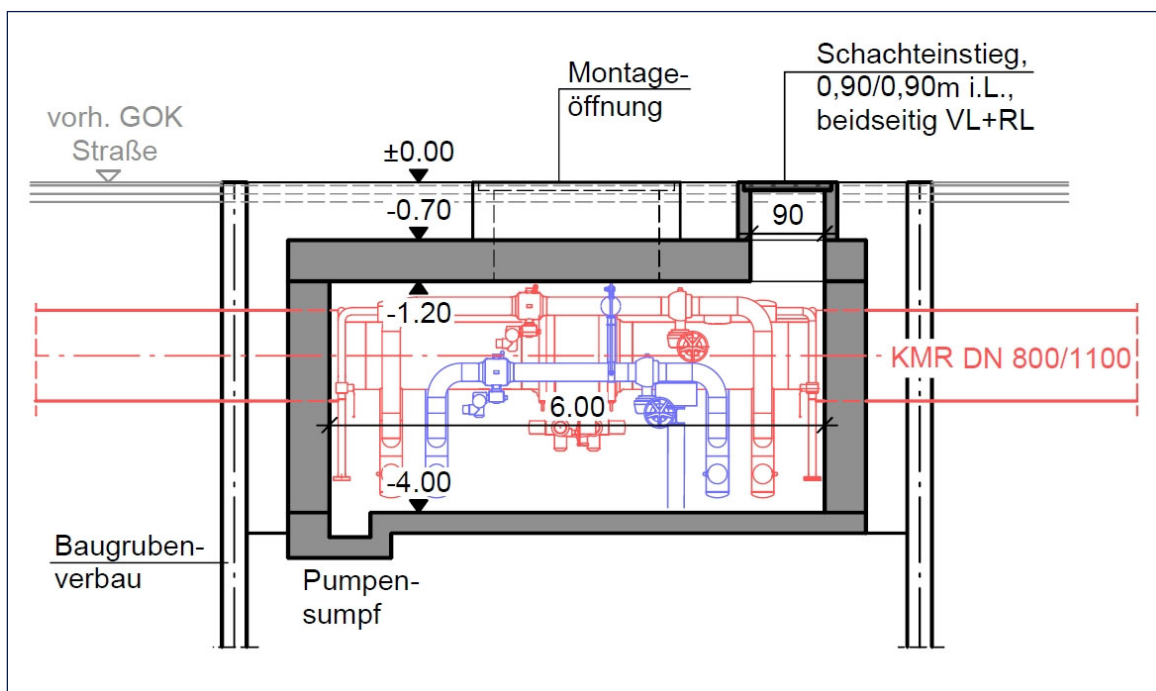


Abb. 2.7–7: Schematischer Querschnitt eines Hauptabsperrschachtes [GEF]

Das hier dargestellte lichte Innenmaß eines Schachtes für Absperrarmaturen beträgt ca. (L x B x H) 6,0 x 6,0 x 2,8 m. Die Mindestüberdeckung der Hauptabsperrschächte ist mit 0,7 m festgelegt, um spätere Straßenbaumaßnahmen sicher durchführen zu können. Zwei Schachteinstiege mit den Abmessungen 0,90 x 0,90 m werden bis zur Geländeoberkante (GOK) geführt (vgl. Grundriss und Schnitte in Kap. 10.4, Zeichnungsnummer D-BW-003). Dieser wird möglichst in Straßennebenverkehrsflächen angeordnet, um während notwendiger Wartungsarbeiten den Verkehr nicht zu behindern.

Die Hauptabsperrschächte werden innerhalb der Baugrube in Ortbetonbauweise hergestellt. Die Sicherung der Baugrube erfolgt je nach lokalen Boden- und Grundwasserverhältnissen mittels einer Trägerbohlwand oder einer Spundwand in Kombination mit einer UW-Betonsohle (Trogbaugrube). Innerhalb des Absperrschachtes kann ein Pumpensumpf unterhalb des Schachteinstieges angeordnet werden, um anfallendes Wasser (Kondenswasser und ggf. eingedrungenes Oberflächenwasser) mit Hilfe einer Pumpe abpumpen zu können.

Die Hauptabsperrarmaturen werden als Kugelhähne ausgeführt und elektrisch betrieben. Die dafür erforderliche Stromversorgung erfolgt über oberirdische Schaltschränke (Abmessungen (L x B x H): ca. 1,3 x 0,5 x 1,2 m), die im Bereich der Straßennebenflächen aufgestellt werden. Über die Schaltschränke wird zusätzlich die natürliche Be- und Entlüftung des Schachtbauwerkes ermöglicht.

Die Schachtbauwerke werden außerdem genutzt, um an den Fernwärmerohren Entleerungs- und Entlüftungsleitungen anzuordnen (Kap. 3.11).

Für die Planung eines Hauptabsperrschachtes ist das „AGFW Regelwerk FW433 über die Mindestanforderungen für die sicherheitstechnische Ausführung neu zu erstellender Fernwärmeschächte“ maßgebend. Außerdem sind die Einwirkungen des Straßenverkehrs gemäß Eurocode bei der statischen Bemessung zu berücksichtigen. Die endgültigen Maße der Hauptabsperrschächte sowie die Festlegung der endgültigen Bauweise für die FWS-West erfolgt in der Ausführungsplanung.

3.7.4 Beschreibung der Rohrtechnik

Zur Dimensionierung der Rohre gilt die europaweit gültige Norm EN 13480 „Konstruktion und Berechnung von Rohrleitungen“ als Berechnungsnorm für freiverlegte Rohrleitungsteile sowie Rohrleitungen im Tunnel und in begehbaren Schächten. Diese entspricht der Druckgeräte-Richtlinie [DGRL 2014] für den Bereich Rohrleitungsbau. Für erdverlegte Kunststoffmantelrohre gilt das AGFW (Arbeitsgemeinschaft Fernwärmeleitungen) Arbeitsblatt FW 401, in Ergänzung durch das technische Regelwerk der American Society of Mechanical Engineers (ASME) und das AD-Merkblatt S2 der Arbeitsgemeinschaft Druckbehälter (AD) als Berechnungsnorm.

Darüber hinaus gilt die Europeanorm für technische Lieferbedingungen EN 10217-5 „Geschweißte Stahlrohre für Druckbeanspruchungen“ – Technische Lieferbedingungen – Teil 5: Unterpulververschweißte Rohre aus unlegierten und legierten Stählen mit festgelegten Eigenschaften bei höheren Temperaturen“. Für erdverlegte Kunststoffmantelrohre gelten zusätzlich die Normen EN 253, EN 448, EN 488 und EN 489.

Konzeption der rohrtechnischen Anlage

Die Fernwärmeleitung wird von der KWK-Anlage Dradenau mittels zweier parallel verlegter Heißwasserleitungen (Vor- und Rücklauf) in der Nennweite DN 800 hergestellt. Für die Auslegung der Rohre werden eine Berechnungstemperatur von 140 °C und ein Druck von 25 bar(ü) zugrunde gelegt.

Folgende Ausführungsvarianten kommen zur Anwendung:

- erdverlegte Fernwärmeleitung (Kunststoffmantelrohre (KMR)):
 - Mediumrohr aus Stahl
 - Wärmedämmung mittels Verbund (verbindet alle Komponenten kraftschlüssig miteinander) aus Polyurethanhartschaumstoff (PUR)
 - Mantelrohr aus dem Werkstoff Polyethylen-High Density (PE HD)
- Fernwärmeleitung im Tunnel mit folgendem Aufbau:
 - Mediumrohr aus Stahl
 - Wärmedämmung aus Mineralfaser bzw. Mineralfaserschalen
 - Mantelrohr aus Aluminiumblechen

Entlang der gesamten Trasse werden Absperrungen in unterirdischen, begehbaren Bauwerken eingebaut, um das Befüllen und Entleeren der Leitungen zu ermöglichen; die Absperrbauwerke sind in Kapitel 3.7.3.3 beschrieben.

Werkstoffauswahl und Dimensionierung der Wanddicke

Die Kombination von Werkstoff und Wanddicke wird anhand rohrstatischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte festgelegt. Für das Mediumrohr wird der Stahlwerkstoff P235GH eingesetzt, es gilt die Standardwanddicke von 11,0 mm für alle erdverlegten KMR-Leitungen der Nennweite DN 800 und 12,5 mm für alle im Tunnel der Elbquerung verlegten Leitungen.

Wärmedämmung

Die Dicke der Wärmedämmung der Rohre ist abhängig von der Nennweite des Mediumrohres, dem Dämmwerkstoff und der Art der Rohrverlegung (frei- oder erdverlegt). Bei der Erdverlegung gibt es für das Verlegesystem Kunststoffmantelrohr (KMR) verschiedene werkseitig vorkonfektionierte Dämmstärken, die als Dämmreihe bezeichnet werden. Die zum Einsatz kommenden KMR werden bevorzugt mit 1 x verstärkter Dämmdicke verbaut und hätten damit bei DN 800 einen Mantelrohraußendurchmesser von 1.100 mm. Für Freileitungen in Schachtbauwerken und dem Tunnel liegt die technisch/wirtschaftlich sinnvollste Dämmdicke für DN 800 bei 150 mm. Die Wärmedämmung wird durch einen Blechmantel vor mechanischen Einflüssen geschützt. Um gewährleisten zu können, dass eventuell durchnässte Dämmung wieder vollständig austrocknen kann, wird zwischen dem Blechmantel und der Dämmung ein umlaufender Ringspalt von etwa 20 mm hergestellt. Somit ergibt sich für den Außendurchmesser des Blechmantels der Freileitungen ein Durchmesser von ca. 1.160 mm.

Rohrstatistische Auslegung, Stützweiten, Belastungen, Festpunktkräfte

Die Trassierung von erdverlegten KMR-Leitungen wird maßgeblich dadurch bestimmt, dass im Kunststoffmantelrohr wärmeinduzierte Längenausdehnungen stattfinden, die wegen der Erdreibung am Mantelrohr besonders hohe Axialspannungen im Mediumrohr bewirken. Die Axialspannungen dürfen bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten und die Verschiebungen können nur in beschränktem Umfang von Dehnpolster in konventionellen Dehnungsbögen (mit Richtungsänderungen der Leitungen) aufgenommen werden.

Um trotzdem möglichst große Verlegelängen ohne Richtungsänderungen zu ermöglichen, werden die Rohre mit elektrothermischer Vorspannung der Rohrleitungen oder mit elektrothermischer Vorspannung der Dehnpolster verlegt. Bei der elektrothermischen Vorspannung der Rohrleitungen wird das KMR in mehreren aufeinanderfolgenden etwa 48 m bis 96 m langen Abschnitten verlegt. Beim Verfüllen der Abschnitte werden sogenannte Kopflöcher freigelassen und nicht mit verfüllt. Anschließend wird das Mediumrohr des KMR in möglichst vielen aneinander angrenzenden Abschnitten durch Anlegen hoher elektrischer Ströme auf mittlere Betriebstemperatur erwärmt. Bei konstanter Temperatur wer-

den die Rohrenden der einzelnen Abschnitte in den Kopflöchern verschweißt und die Kopflöcher erst anschließend verfüllt.

Beim elektrothermischen Vorspannen der Dehnpolster werden KMR auf bis zu 260 m langen Abschnittslängen zwischen zwei Dehnungsbögen hergestellt und der Graben verfüllt. Im Abstand von maximal einer Rohrstangenlänge zu den Dehnungsbögen verbleiben ebenfalls offene Kopflöcher. Auch bei dieser Verlegungsmethode wird durch Anlegen hoher elektrischer Ströme das Mediumrohr auf mittlere Betriebstemperatur erwärmt und anschließend die Rohrenden in den Kopflöchern bei konstanter Temperatur miteinander verschweißt, bevor die Kopflöcher verfüllt werden.

Da aus verkehrlichen Gründen nicht immer die technisch sinnvollsten Abschnittslängen gewählt werden können, müssen bereits verfüllte thermisch vorgespannte Abschnitte zum Teil wieder mit aufgewärmt werden, wenn der nachfolgende Abschnitt elektrothermisch vorgespannt wird. Anderenfalls können hohe Spannungsspitzen im Mediumrohr auftreten.

Die Kompensation der Wärmedehnung von Leitungen im Tunnel und bei der S-Bahn-Querung erfolgt über Angularkompensatoren in den Schachtbauwerken beidseitig des Tunnels.

Anforderungen bei Tief- und Hochpunkten

Das Höhenniveau der Fernwärmeleitungstrasse wird aufgrund des Oberflächengefälles und der bereits vorhandenen Hindernisse im Erdreich durch zahlreiche Hoch- und Tiefpunkte geprägt sein. Bei Fernwärmeleitungen dieser Nennweite werden grundsätzlich alle Hochpunkte entlüftet und bis auf wenige, nur gering ausgeprägte Zwischentiefpunkte, alle Tiefpunkte entleert.

In begehbaren Bauwerken werden die Entleerungs- und Entlüftungseinrichtungen unmittelbar am Tief- bzw. Hochpunkt eingebaut. Entlang der erdverlegten Abschnitte werden die Entleerungs- und Entlüftungseinrichtungen als KMR-Formteile hergestellt. Die Bedienelemente werden in Ringschächten untergebracht. Der Einbau von den Erdebauentleerungen und -Entlüftungen ist nur dort möglich, wo die Straßen- / Platzverhältnisse und die statischen Anforderungen dies auch zulassen. Daher werden die Entleerungs- und Entlüftungseinrichtungen der erdverlegten Abschnitte nicht immer unmittelbar am Hoch- und Tiefpunkt errichtet werden können.

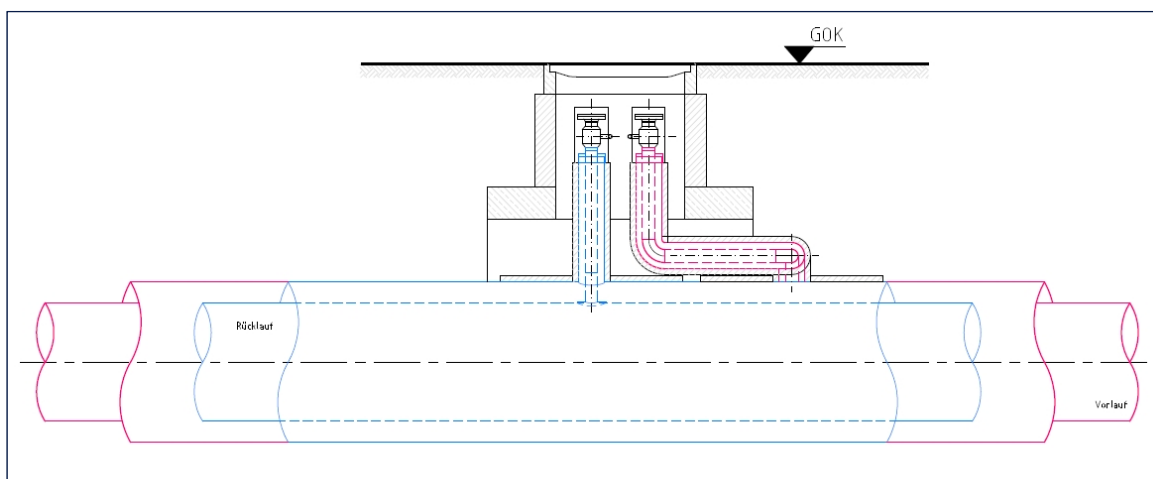


Abb. 3.7–8: Seitenansicht Entlüftung (DN 80) für KMR DN 800/1100 [GEF]

Montage der Rohre

Die werkseitig gefertigten KMR-Rohrstangen haben eine Standardlänge von 12 m oder 16 m. Nördlich der Elbe kommen überwiegend 12 m lange Rohrstangen und südlich der Elbe überwiegend 16 m lange Rohrstangen zu Einsatz. Den Graben querende Fremdleitungen und eventuell erforderliche Verstrebungen des Verbaus lassen nicht an jeder Stelle des Rohrgrabens das Ablassen der Rohrstangen zu. Daher werden in manchen Bereichen Rohrschleusen hergestellt. Im Bereich der Rohrschleusen gibt es keine Hindernisse, die das Ablassen der Rohre behindern könnten. Von dort aus werden die Rohrstangen dann entlang der Grabensohle bis zum tatsächlichen Einbauort transportiert. Zu diesem Zweck werden vorübergehend Transportvorrichtungen, wie Rollenlager im Rohrgraben installiert. Vor Beginn der Schweißarbeiten werden die Schweißstöße auf Sandsäcken oder Kanthölzern ausgerichtet. Die Verbindungen der Mediumrohre erfolgen bauseitig mittels Rundschweißungen im offenen Graben. Bei der Herstellung einer Schweißnaht in DN 800 werden immer zwei Schweißer zeitgleich schweißen. Die Mantelrohrverbindungen werden ebenfalls im offenen Graben durch Aufschumpfen von vernetzten Polyethylenmuffen ausgeführt. Der Ringraum zwischen Medium- und Mantelrohr im Bereich der Rohrstangenverbindungen wird bauseitig mit PUR-Hartschaum geschäumt. Bei der Herstellung einer Muffenverbindung für KMR – DN 800/1100 werden immer zwei Muffenmonteure zeitgleich arbeiten.