

SCHÄCHTE AUS THIXOCRETE® FÜR DEN MICROTUNNELVORTRIEB

von Dipl.-Ing. Hans-Dieter Thale,
Meyer Rohr + Schacht GmbH

In Deutschland begann die Anwendung von geschlossenen Bauweisen für nicht begehbare Querschnitte Anfang der 80er Jahre. Forschungsvorhaben in Hamburg, auf der Grundlage japanischer Entwicklungen haben den technischen Fortschritt und die Weiterentwicklung des Microtunnellings bewirkt. Parallel zur Entwicklung der Vortriebsmaschinen und der Vortriebstechniken haben sich auch die Konstruktionen der Start-, Ziel- und Durchfahrtschächte entwickelt. Wo anfänglich noch konventionelle Baugruben bauseitig erstellt wurden, werden heute Fertigteilerschächte aus Stahlbeton eingesetzt. Die im Detail auf ihre Funktion und Einbaulage abgestimmten Fertigteilerschächte werden besonders bei anstehendem Grundwasser kostengünstig im Absenkverfahren eingebaut. Das Unternehmen Meyer Rohr + Schacht GmbH hat hierfür zwei verschiedene Schachtsysteme für den Microtunnelvortrieb konzipiert.

ALLGEMEINES

Es kommen hierbei kreisrunde THIXOCRETE®-Schächte zum Einsatz, die in ihren Dimensionen, abgestimmt auf die Platzanfordernisse der Vortriebsmaschinen, entwickelt wurden. Ein Schachtsystem besteht jeweils aus einem Startschacht, einem Zielschacht und - nach Bedarf - dazwischen angeordneten Durchfahr- bzw. Hilfschächten.

Beide Schachtsysteme sind einsetzbar für beliebige Einbautiefen und bestehen aus einem Schachtunterteil mit Stahlbeton-Schneidenausbildung, Stahlschneide Durchfahrbereichen und umlaufenden Aussparungen zum Anschluß von Stahlbetonsohlen und Unterwasserbeton und den erforderlichen Schachtoberteilen, unter Berücksichtigung von Paßlängen.

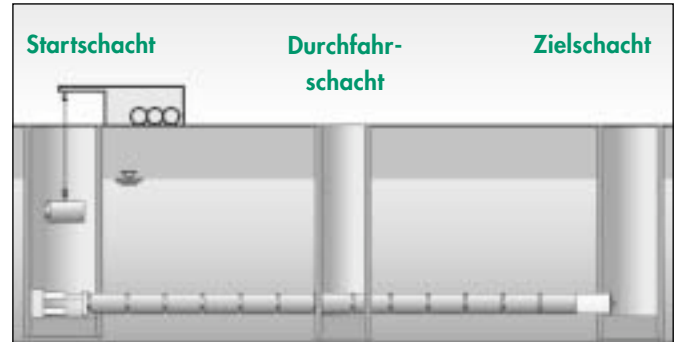
Die kreisförmige Ausführung der Schächte ermöglicht ein Ein- und Ausfahren unter beliebiger Abwinkelung.

SYSTEM I

System I setzt sich zusammen aus einem Startschacht DN 3200, einem Zielschacht DN 2600 und Durchfahr- bzw. Hilfschächten mit der Nennweite DN 2000. Der Nennweitenbereich, der aus diesem Schachtsystem heraus vorgepreßt werden kann, liegt bei DN 250 bis DN 800, mit dem maximalen Außendurchmesser 975 mm und einer maximalen Rohrlänge von 2000 mm.

SYSTEM II

Das System II besteht aus Schachtrohren DN 2000. Hierbei haben Start-, Ziel- und Durchfahr- bzw. Hilfschächte die gleiche Nennweite. Der Nennweitenbereich der Vortriebsrohre für dieses Schachtsystem liegt bei DN 100 bis DN 300, mit einem maximalen Außendurchmesser von 410 mm und der maximalen Rohrlänge von $L = 1.000$ mm.



QUALITÄTSBESCHREIBUNG

Die Betonfertigteile haben eine Mindestbetongüte B 45 und werden unter Verwendung von Sulfofirmzement hergestellt. Die Herstellung dieser Stahlbetonfertigteile erfolgt in stehender Schalung im Rüttelverfahren, wobei die jeweiligen Teile bis zur Erhärtung in der Form verbleiben.

Durch eine, durch dieses Fertigungsverfahren erzeugte glatte Oberfläche, wird die beim Absenken des Schachtes auftretende Mantelreibung, reduziert.

Dieses Fertigungsverfahren gewährleistet:

- 1) hohe Maßgenauigkeit
- 2) planparallele Rohrspiegelbildung
- 3) hohe Betondichte
- 4) lagegenauen Einbau der Bewehrung
- 5) lagegenauen Einbau aller Einbauteile, insbesondere der Verschlussplatten aus Glasfaserbeton für die Durchfahrbereiche
- 6) glatte Oberfläche

BEMESSUNG

Die Bemessung dieser wasserundurchlässigen Schächte erfolgt nach DIN 4035 (DIN EN 1916) und DIN EN 206-1 (Eurocode).

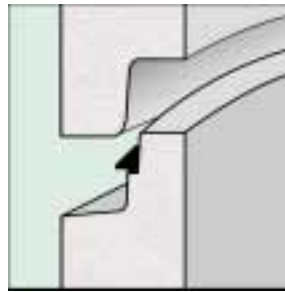
Es werden alle Schachtteile für Verkehrslast, Erd- und Wasserdruck bemessen. Zusätzlich wird das Schachtteil, aus dem der Vortrieb heraus gefahren wird, für die anfallende Vortriebskraft bemessen.

Hierbei werden die geometrischen Daten aus der Vortriebsrichtung, maximale Vortriebslänge oder maximal zulässige Preßkraft der Vortriebsrohre, berücksichtigt. Durch die Widerlagerkonstruktion der Preßeinrichtung, die in der Regel aus einer gekrümmten Stahlplatte besteht, werden die Vortriebskräfte in die Preßschachtteile eingeleitet. Abgestimmt auf die maximalen Preßkräfte und auf die Abwinkelung der Ausfahrrichtungen wird die Bewehrung ausgelegt.

Als Richtwert für die maximale Preßkraft im Startschacht DN 3200 können ca. 140 t angesetzt werden.

ROHRVERBINDUNG

Die Rohrverbindung zwischen den einzelnen Schachteilen ist ausgebildet als Falzmuffenverbindung und wird abgedichtet mit einem profiliertem Gleitring aus Elastomere nach DIN EN 681-1.



ANSCHLAGMITTEL

Jedes Schachteil wird zum Anschlagen und Versetzen in die Baugrube mit drei Stück Deha-Kugelpf-Transportankern ausgerüstet. Diese Anker sitzen auf der inneren Wandfläche gleichmäßig verteilt, etwa 0,5 m von der oberen Rohrkante. Auf diese Weise können die Schachteile ohne Beschädigung der Rohrenden transportiert und eingebaut werden.

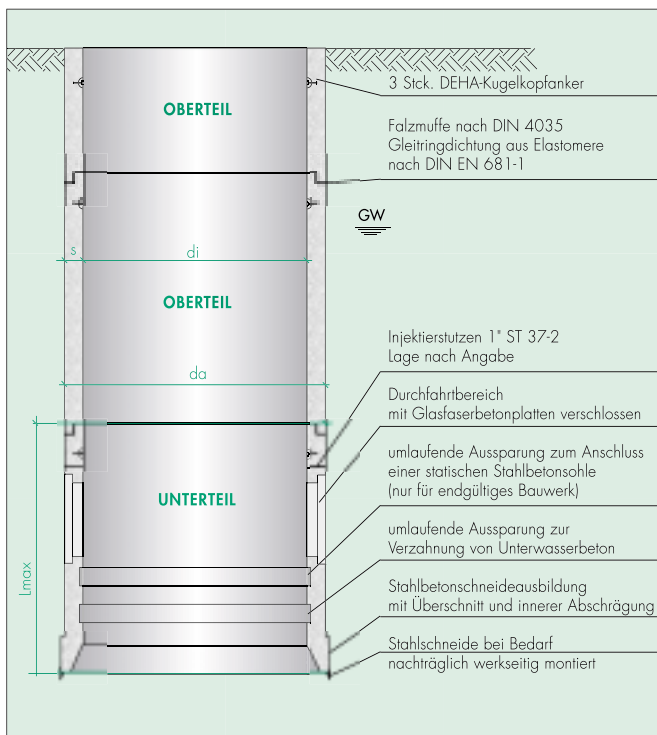
Durch die innen angeordneten Anker können auch bereits eingebaute Schachteile nach Beendigung des Vortriebes angeschlagen und wieder ausgebaut werden.

Nach Beendigung des Vortriebes sind bei den Start-, Ziel- und Durchfahrtschächten in aller Regel die oberen Schachtringe in Höhe von ca. 1,50 m wieder rückzubauen, um einen leitungs-freien Bereich entstehen zu lassen.

Das Anschlagen dieser Kugelpfanker erfolgt mit handelsüblichen Universalklauen, System Deha Laststufe 6 bis 10 to bzw. 12 bis 20 to.

SCHNEIDENAUSBILDUNG

Zur Vereinfachung des Absenkvorganges wird am unteren Ende der Schächte eine Stahlbetonschneide ausgebildet. Diese Stahlbetonschneide besitzt einen Überschnitt in Abhängigkeit des Außendurchmessers von 25 bis 40 mm. Vom Innendurchmesser her verjüngt sich die Wandstärke auf eine Aufstandsfläche von 75 bis 100 mm. Zusätzlich kann eine Stahlschneide für besonders schwierige Böden (bindige Böden) und besonders große Schachttiefen werkseitig montiert bzw. einbetoniert werden.



SCHNEIDENUNTERTEIL

Für Sonderfälle ist es erforderlich, einzelne Schneidenunterteile herzustellen, wenn die erforderlichen Konstruktionshöhen für:

- Unterwasserbeton,
- Durchfahrbereiche
- Aufstandshöhe der VT Maschinen
- Umlaufende Aussparungen
- erforderliche Lasttragbereiche innerhalb der Maximallänge des Schachtunterteiles nicht darstellbar sind.

Dieses Schneidenunterteil wird mit erforderlicher Sonderlänge unterhalb des Preß- bzw. Zielschachteiles angeordnet.

UNTERWASSERBETON

Der nachträglich eingebrachte Unterwasserbeton bildet den unteren Abschluß des Absenkschachtes. Die Höhe des eingebauten UW-Betons wird bestimmt durch den vorher aufgestellten Auftriebsnachweis unter Berücksichtigung des vorhandenen Grundwassers und des Eigengewichtes der Schachtrohre.

Der UW-Beton bildet gleichzeitig eine für den Bauzustand ausreichende Abdichtung gegen das von unten drückende Grundwasser.

Der UW-Beton benötigt eine konstruktive Mindesthöhe von ca 75 cm. Um seine Dichtwirkung als Plombe zu erzielen, ist eine Verzahnung mit der Schachtwand erforderlich.

Hierfür werden umlaufende Aussparungen

Höhe = 200 - 300 mm

Tiefe = 25 - 30 mm

im Bereich des UW-Beton als konstruktive Verzahnung angeordnet. Die Lage der Aussparungen ist frei wählbar und wird individuell für jeden Schacht neu festgelegt

STAHLBETONSOHLE

Für die Erstellung eines endgültigen Schachtbauwerkes (im Gegensatz zum Bauzustand während des Vortriebes) ist es erforderlich, eine Stahlbetonsohle über dem UW-Beton anzuordnen, um eine endgültige Dichtigkeit gegen das drückende Grundwasser zu erzielen.

Die Stärke der Stahlbetonsohle ist gemäß statischer Berechnung $d = 250 - 300$ mm (abhängig vom Schachtdurchmesser).

Die Anbindung der Stahlbetonsohle in den Schächten erfolgt in umlaufenden Aussparungen mit statisch erforderlicher Tiefe von ca 60 - 80 mm

Aus diesem Grunde ist es erforderlich, bei Schachtbauwerken, die für den Endzustand ausgebaut werden, (ohne nachträglichen Einbau eine Kontrollschachtes), umlaufende Aussparungen bis hinter die Schachtbewehrung oberhalb des UW-Betons anzuordnen.

DURCHFABRBEREICHE

Ein wichtiges Detail der Microtunnelvortriebsschächte sind die Durchfahrbereiche. Je nach Vortriebsrichtung sind sie als Aus- bzw. Einfahrbereiche zu betrachten. An diese Durchfahrbereiche werden besondere Anforderungen gestellt. Zum einen müssen sie von den Vortriebsmaschinen durchfahrbar und abbaubar sein, d. h. sie müssen bewehrungsfrei hergestellt werden. Zum anderen brauchen Sie eine ausreichende Biegedruckfestigkeit, um dem äußeren Erd- und Wasserdruck standzuhalten. Die Durch-

messer sind in Abhängigkeit der Außendurchmesser der vorzutreibenden Rohre frei wählbar. Bei der Festlegung des Durchmessers ist ebenso die Einbautoleranz durch den Absenkvorgang zu berücksichtigen. Die Ein- und Ausfahrbereiche werden in Abstimmung auf die bauseitig erforderlichen Höhen und Abwinkelungslagen werkseitig hergestellt.

Der Baustoff, der sich für diese Anforderungen bewährt hat, ist Glasfaserbeton. Unter Berücksichtigung der Außenradien der Schächte werden gekrümmte Verschlussplatten aus Glasfaserbeton vor den Durchfahröffnungen in den Schächten lagegenau einbetoniert.

Diese Glasfaserbetonplatten sind bemessen für 7,0 m Wasserdruck und 10,0 m Erddruck und weisen eine Stärke von 30 bis 45 mm auf. Die Vorpreßmaschinen sind in der Lage diese Verschlussplatten zu durchbohren und das Bohrmaterial abzubauen. Die Restbereiche der Glasfaserbetonplatten behalten ihre Stabilität und brechen nicht ein.

Auf der Schachttinnenseite werden bauseitig vor den Durchfahrbereichen Dichtungskonstruktionen montiert, um beim Durchfahren einen evtl. Wasser- bzw. Bodeneinbruch zu vermeiden. Durch die geringe Stärke der Glasfaserbetonplatten finden nach außen klappende Gummidichtungselemente ausreichend Platz im Bereich der Wandaussparung.

INJIZIERSTUTZEN

Ein weiteres Konstruktionsdetail sind die Injizierstutzen. Es handelt sich hierbei um Stahlrohre 1" mit Muffen und Muffenstopfen, die wahlweise in den Schachtrohren angeordnet werden können. Bewährt haben sich Injizierstutzen 1" um den Durchfahrbereich herum angeordnet, um nach beendetem Vortrieb den Außenbereich um das Schachtrohr herum mit einer Injektion provisorisch abzudichten.

Zusätzlich können Injizierstutzen, ringförmig über der Stahlbetonschneide angeordnet, dazu verwendet werden, Schmiermittel (Bentonit) während des Absenkvorganges von unten nach oben zu pressen. Die Lage und die Anzahl der Injizierstutzen ist für jeden Schacht, abgestimmt auf die konstruktiven Erfordernisse, frei wählbar.

VERBAU

Nach Beendigung der Vortriebsarbeiten ist im oberen Bereich ein leitungsfreier Bereich von ca 1,50 - 2,00 m wieder herzustellen. Dieser obere Schachtbereich kann auf verschiedene Weise verbaut werden.

- Konventioneller örtlicher Verbau durch Verbauteile,
- Holz- oder Spundwände,
- Verbau mit Stahlblechkassetten
- Verbau mit Stahlbetonschachtteilen,

die nach Beendigung des Vortriebes wieder rückgebaut und anderweitig wieder eingesetzt werden können werden.

Für den Fall, daß das Grundwasser höher ansteht, als der geplante leitungsfreie Bereich von ca 1,50 - 2,0 m, ist das Schachtrohr bis ca 20 cm über GW-Spiegel anzuordnen

Für Startschächte DN 3200 besteht die Alternative aus Stahlbeton Verbauteilen DN 3200, die aus zwei Stahlbetonhalbringen

mit der Höhe 1,50 m bestehen. Diese Verbauteile werden gekoppelt mit Spannschlössern in den senkrechten Stoßfugen. Das Einzelgewicht dieser Teile liegt bei maximal 5,25 to. Dadurch sind die Einzelteile durch baustellenübliche Hebewerkzeuge zu bewegen und zu verladen. Ebenso ist der Transport dieser Einzelteile auf baustellenüblichen LKW ohne zusätzliche Genehmigung und Sperrzeiten möglich. Ein wirtschaftlicher Aspekt dieser Bauteile ist der mehrfach mögliche Einsatz.

SCHACHTDECKEN

Abgerundet wird das Schachtsystem durch die Herstellung und Lieferung von Stahlbetonschachtdecken.

Diese Schachtdecken werden statisch bemessen für SLW 60 und anstehende Erlast und erhalten passende Einstiegsöffnungen für den aufgehenden Schachtkopf.

Für den Fall, daß bereits abgesenkte aber noch nicht in Betrieb befindliche Stahlbeton-Schächte für den Verkehr wieder freigegeben werden müssen, können diese Schachtdecken, die im Endzustand ca. 1,50 m unter Gelände eingebaut werden, im Bauzustand als provisorische Schachtdeckung benutzt werden. Hierbei sind die bereits im Schacht befindlichen Einstiegsöffnungen mittels kleiner Betondeckel oder Stahlplatten abzudecken.

Für diesen Fall ist aus Auflagergründen der obere Schachtverbau aus Schachtrohren auszuführen.

EINBAU DER MICROTUNNEL-VORTRIEBSSCHÄCHTE

Der Einbau der Schächte erfolgt im Absenkverfahren. Dieses ist eine schnelle und kostengünstige Einbaumethode, da sie es ermöglicht, diese Schächte im Grundwasser abzusenken, ohne Grundwasserabsenkungen vornehmen zu müssen.

Arbeitsschritte des Absenkvorganges:

Einbau des oberen Schachtverbaues (z.B. Linerplates)

Erstellung einer ebenen Aufstellfläche für das Schachtunterteil.

Ausbaggern des Erdreiches innerhalb des Schachtrohre. Das Ausbaggern ist unter Beobachtung des Absenkverhaltens des Schachtes zu steuern. Während des Absenkvorganges ist die senkrechte Lage ständig zu kontrollieren.

Aufsetzen der aufgehenden Schachtteile im Baufortschritt. Beim Absenken im Grundwasser ist es je erforderlich, daß der Wasserstand innerhalb des Schachtes stets höher gehalten wird als der außerhalb anstehende Grundwasserstand, um zu vermeiden, daß Bodeneintrag durch äußeren Wasserdruck in den Schacht hinein ermöglicht wird. Hierdurch würden Hohlräume außerhalb des Schachtes auftreten, die zu Setzungen am Gelände führen würden und auch eine ausreichende Widerlagerkonstruktion des Schachtes im Boden nicht ermöglicht. Beim Absenken der Schächte ist unbedingt darauf zu achten, daß die Höhentoleranzen im Durchmesser der Durchfahrbereiche berücksichtigt werden und deshalb die genaue Absenktiefe festgelegt sein muß und auch möglichst einzuhalten ist.

Zwingend erforderlich ist es, die einzelnen Schachtteile untereinander mit einer Stahllaschung zu verbinden. Hierbei haben sich

Stahllaschen mit den Abmessungen 50 x 8 mm bewährt, die mit Stahldübeln in der Stahlbetonwandung befestigt werden. Einmal geöffnete Rohrverbindungen lassen sich im fortlaufenden Absenkvorgang durch eingefallenen Boden nicht mehr schließen.

UNTERSTÜTZUNG DES ABSENKVVORGANGES MIT BENTONIT

Durch den Überschnitt der Stahlbetonschneide wird beim Absenken ein Ringspalt von 25 - 40 mm gebildet, der die Mantelreibung des Schachtes im Boden reduziert. Da dieser Spalt sich wieder schließt, ist es zweckmäßig, diesen Spalt mit Bentonit zu befüllen um damit eine zusätzliche Schmierung zu erzeugen.

VARIANTE 1

Beim Beginn des Absenkvorganges den erzeugten Ringspalt von oben mit Bentonit befüllen und bis zum Absenkende Material nachgeben. Es ist darauf zu achten, dass der Bentonitring nicht abreißt.

VARIANTE 2

Einsatz von Injizierstützen über der Stahlbetonschneide um Bentonit von innen heraus in den Überschnitt hineinzudrücken. In besonderen Fällen können auch Injizierringe mit mehreren Austrittsöffnungen in unterschiedlichen Höhen zum Einsatz kommen.

Die beiden Varianten können auch kombiniert eingesetzt werden.

FERTIGSTELLUNG

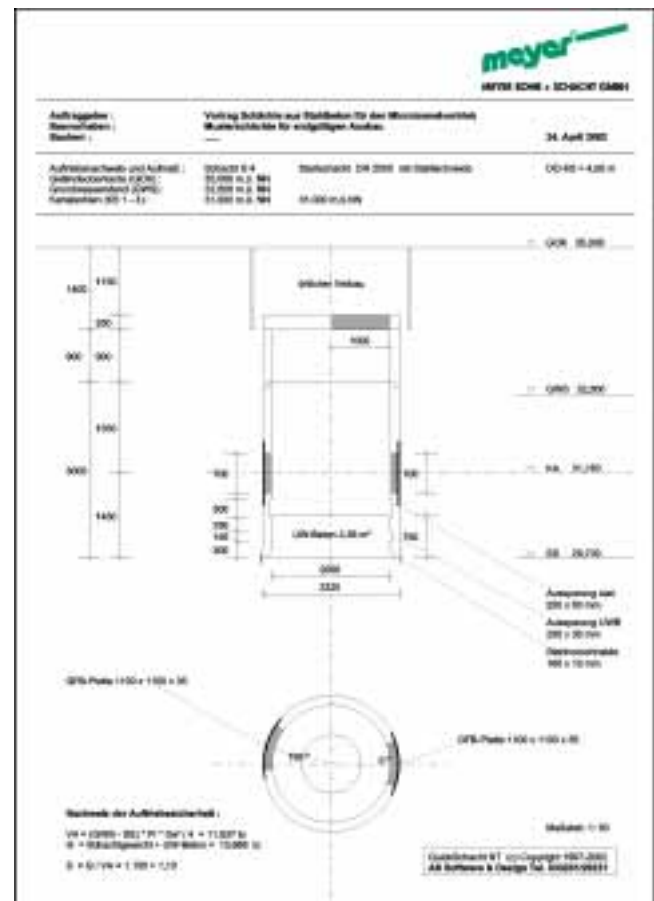
Ist der Stahlbetonschacht auf endgültige Tiefe abgesenkt, wird der Unterwasserbeton in erforderlicher Menge im unteren Schachtbereich eingebracht.

Nach Abbinden des Unterwasserbetons wird das Wasser im darüber liegenden Teil abgepumpt. Vor dem Vortriebsbeginn muß der Ringspalt über dem Überschnitt beim Startschacht im Bereich des Preßteils mit Zementlösung verpreßt werden, um ein optimales Widerlager im Boden zu gewährleisten

TECHNISCHE BEARBEITUNG

Jeder Schacht wird in Abhängigkeit zur Geländeoberkante, Rohrsohle und Nennweite der zu pressenden Rohre, unter Berücksichtigung des Grundwasserstandes und der Konstruktionsmaße der jeweiligen Vortriebsmaschine konstruiert. Ergänzend hierzu werden Einbauregeln und Richtlinien der Bauherren berücksichtigt.

Meyer Rohr + Schacht GmbH übernimmt im Rahmen seiner Angebots- und Auftragsbearbeitung die Planung jedes einzelnen Schachtes. Es werden bei der Konstruktion die statischen Anforderungen und der Nachweis der Auftriebsicherheit erbracht. Zum Abfragen der Einzelschachtdaten liegen Formblätter zur Datenerfassung bereit. Die kurzfristig mit EDV-Unterstützung erstellten Konstruktionszeichnungen und Schachteillisten stellen wir den Auftraggebern als Einbauzeichnung zur Verfügung. Gleichzeitig können sie als Aufmaßblatt für den Bauherren verwendet werden. Langjährige Erfahrung im Bereich der Herstellung des Programms für Vortriebstechnik und gemeinsame Entwicklung mit den Fachfirmen stehen hinter diesem bewährten und zuverlässigen Produkt aus dem Hause der Meyer Rohr + Schacht GmbH.



meyer[®]

MEYER ROHR + SCHACHT GMBH

Otto-Brenner-Straße 5 • D-21337 LÜNEBURG
Tel. 04131/953-0 • Fax 04131/953-256
eMail: info@meyer-polycrete.com

Hoher Weg 7 • D-39576 STENDAL
Tel. 03931/6729-0 • Fax 03931/6729-30
eMail: meyer-stendal@t-online.de

www.meyer-polycrete.com