

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Bayer, Hans-Joachim

Baugrunderkundung und Beurteilung einer HDD-Trasse

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105234>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Bayer, Hans-Joachim (2017): Baugrunderkundung und Beurteilung einer HDD-Trasse. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Bohrungen und Baugrund. Herausforderungen bei der Ausführung in der horizontalen und vertikalen Bohrtechnik. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 77-86.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Baugrunderkundung und Beurteilung einer HDD-Trasse

Dr. Hans-Joachim Bayer
 TRACTO-TECHNIK GmbH & Co KG

Erkundungskriterien für den Leitungsbau

Sowohl der offene als auch der grabenlose Leitungsbau benötigt Baugrundkenntnisse. Für den offenen Leitungsbau ist es notwendig zu wissen, ob der Graben standfest ist oder schon bei geringer Tiefe Verbauelemente benötigt werden. Für die Kalkulation des Aushubes wurde einst die Einteilung in Bodenklassen (1-7) entwickelt (DIN 18300). Diese Einteilung in Bodenklassen war kalkulatorische Grundlage für die Abgabe von Angeboten im offenen Leitungsbau. Mögliche Nachträge hängen vom Beweis höherer Bodenklassen ab. Seit September 2015 gilt die Zuordnung in Homogenbereich (Neue VOB Teil C, 2015).

Auch im grabenlosen Leitungsbau wurde früher oft diese Einordnung in Bodenklassen vorgenommen. Bei aufwendigeren Bauwerken ist die Einteilung in Vortriebsklassen (DIN 18319) häufiger Bestandteil von Ausschreibungen, wobei sowohl die Ausschreibungsart als auch die Einteilung auf Mikrotunnelvortriebe abgestimmt ist. Für den grabenlosen Leitungsbau in Form von Horizontalbohrungen gibt es heute eine spezifische Bodenklassifizierung, die DIN 18324, die seit 15. September 2015 gültig ist. Hierin erfolgt eine spezifische Einteilung in Homogenbereiche, für die derzeit geringe Erfahrungsanwendungen vorliegen und bislang noch recht unterschiedliche Handhabungen vorgenommen werden.

Relationen zum Rundungsgrad von Sedimentkörnern beim Rammvortrieb

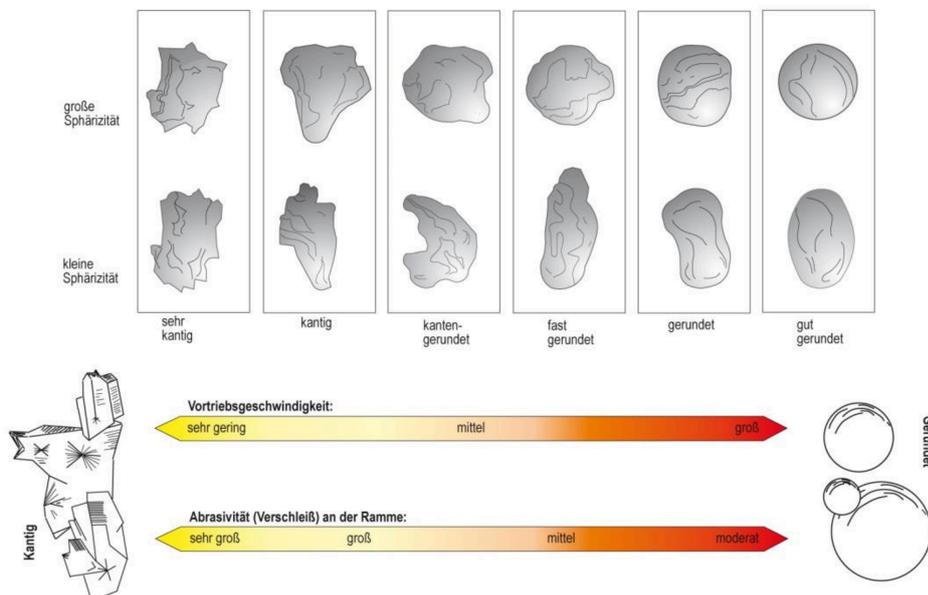


Bild 1: Unterschiedliche Rundungsgrade beim Sand sorgen für sehr unterschiedliche Bohrgeschwindigkeiten

Gerade für die Horizontalbohrtechnik sind bestimmte Bodenparameter besonders wichtig. So ist für die Horizontalbohrtechnik Sand nicht gleich Sand, sondern es muss erheblich differenziert werden, ob der Sand wohlgerundet oder scharfkantig ist. Der bohrtechnische Vortrieb in scharfkantigem Sand dauert 3 bis 3,5 Mal so lange, wie in wohlgerundetem Sand gleicher Korngröße. Auch das Kriterium „bindiger Anteil“ ist für die HDD-Technik im Hinblick auf die Bohrlochstabilität extrem wichtig. Ein Sand-Kies-Gemisch mit einem bindigen

Anteil erlaubt standfähige Bohrlöcher, während ohne den bindigen Anteil ein solches Bohrloch ohne Maßnahmen in der Stützflüssigkeit sofort kollabieren würde. Auch die Art und Eigenschaft des bindigen Anteils erlaubt für die Horizontalbohrtechnik eine unterschiedliche Reaktionsbreite, angefangen vom Bohren mit reinem Wasser bis hin zum Bohren mit speziellen Polymeren. Physikalische Parameter wie Korngröße, Kornrauigkeit, Art des Feinstkornanteils, Lagerungsdichte, Scherfestigkeit, Kornverteilung, Grobkornanteil

Einfluss des Faktors Baugrund auf das HDD-Bohren

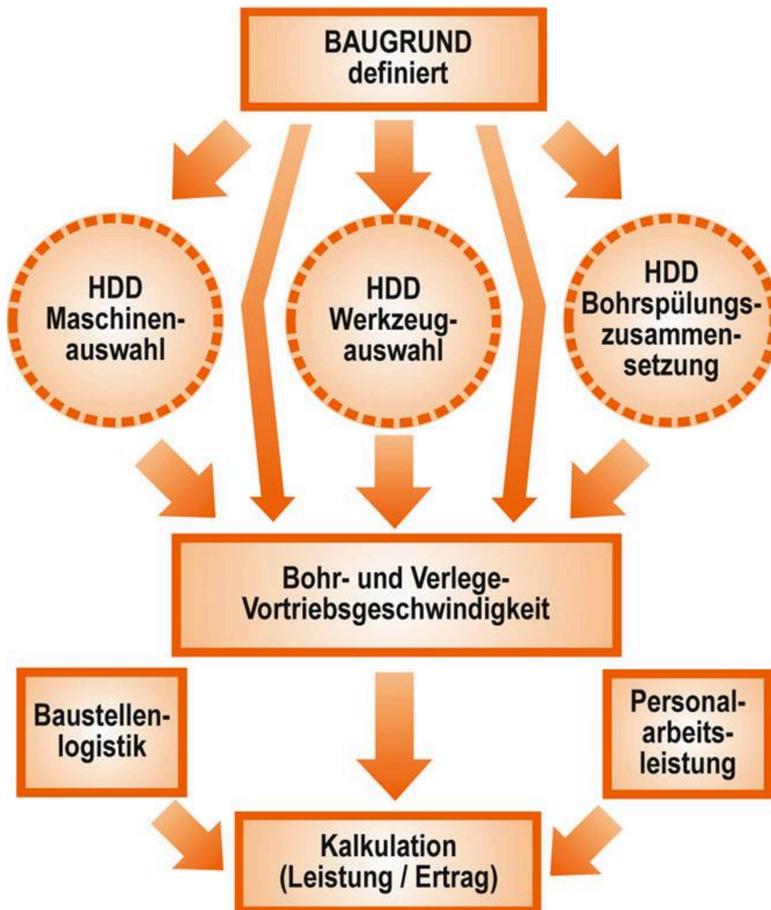


Bild 2: Der Baugrund bestimmt in sehr entscheidender Weise die Geräteauswahl, die Bohrwerkzeugauswahl, die Bohrspülungsanmischung und die Kosten einer HDD-Bohrung

sind Kriterien, die unterschiedliche Bohrgeschwindigkeiten und unterschiedliche Bohrlochstabilitäten bestimmen. Sie sind die eigentlichen Entscheidungsparameter für die Horizontalbohrtechnik.

Kalkulationsfaktor Baugrund

Wie die nebenstehende Abbildung zeigt, definiert der Baugrund mit seinen physikalischen Kriterien erstens die HDD-Maschinenauswahl (Gerätegröße, Gerätemöglichkeiten), zweitens die HDD-Werkzeugauswahl (Bohrkopf, Aufweitköpfe, beim Felsbohren den Bohrkopfbesatz) und drittens die HDD-Bohrspülungszusammensetzung, die in unmittelbarer Wechselwirkung zu den physikalischen Bodenparametern steht. Die baugrundbestimmte Maschinen- und Werkzeugauswahl sowie die baugrundbestimmte Bohrspülungszusammensetzung wiederum entscheiden zusammen über die Bohrvortriebs-, Aufweit- und Rohrverlege-Geschwindigkeit.

Die mögliche Bohr- und Verlegegeschwindigkeit bestimmt zusammen mit der geplanten Baustellenlogistik und den Personal- und Arbeitsfixkosten die Gesamtkalkulation einer Baustelle. Dadurch, dass die physikalischen Parameter des Baugrundes direkte Einflussgröße auf die Bohranlage, Bohrwerkzeuge und Bohrspülung haben und somit wiederum die Vortriebs- und Verlegeleistung bestimmen, bestimmt der Faktor Baugrund bei HDD-Maßnahmen mindestens zur Hälfte, oft jedoch zu zwei Drittel die Kalkulation der gesamten Baumaßnahme. Bei Felsbohrungen entscheidet bis zu 75 % die Kostenstruktur der Baumaßnahme.

Baugrunderkundung

Zahlreiche Ingenieurbüros, Geologiebüros, oder wie sie oft genannt werden „Baugrunderkundungsbüros“, sind auf die Erkundung des Untergrundes spezialisiert. Viele von ihnen haben sich in den letzten Jahren auch mit den Bedürfnissen der Horizontalbohrtechnik vertraut gemacht. Sie wissen von den kostenentscheidenden Fakto-



ren, wie z.B. Kornrauigkeit, Art des bindigen Anteiles etc. und liefern durch ihre Baugrund-Gutachten die einheitlich auf der Grundlage von DIN-Normen verfasst werden, die entscheidenden Ausgangswerte für eine hohe kalkulatorische Sicherheit. Die Kosten für eine Baugrunderkundung sind häufig viel geringer als vermutet - in jedem Fall viel geringer als ein Baustellenabbruch wegen Unkenntnis des Untergrundes, Schäden am Produktrohr oder Fehlkalkulationen.

Viele Baufirmen und speziell HDD-Bohrfirmen mussten die Erfahrung machen, es gibt keine „normalen“ Böden, der Baugrund ist nicht unbekannt und vor allem nicht unbeherrschbar, sondern im Gegenteil bei Kenntnis des Baugrundes ist er sowohl technisch als auch kalkulatorisch bestens beherrschbar. Die Kenntnis des Baugrundes entscheidet oft über Erfolg oder Misserfolg einer Baumaßnahme, über schwarze oder rote Zahlen in der Endabrechnung. Auch für einen Bauherren ist es absolut am falschen Ende gespart, auf eine Baugrunduntersuchung, zu die ihm das Gesetz sowieso verpflichtet (§ 645 BGB), zu verzichten. Die durch diesen Verzicht eingehandelten Probleme können am Ende einer Baumaßnahme ein Vielfaches von dem betragen, was man gemeint hat einsparen zu können. Die geringen Investitionen der Baugrunderkundung zahlen sich immer aus und sei es allein durch eine problemlos verlaufende Baumaßnahme. Für den Bauauftragnehmer, der auf grabenloses Bauen mittels Bohrtechnik spezialisiert ist, hängt zumindest der halbe Erfolg seiner HDD-Technik an den Kenntnissen aus dem Baugrund. Die darauf abgestimmte Spülungstechnik und eine gute HDD-Maschinenteknik definieren den anderen Teil am Erfolg des Bauvorhabens.

Informationsquellen über Baugrundverhältnisse

Der Bauherr hat dem Bauauftragnehmer Informationen über die Baugrundverhältnisse zur Verfügung zu stellen. Ungenügende Baugrundinformationen eröffnen für Bau- oder Bohrauftragnehmer die Möglichkeit, Nachforderungen aufgrund unbekannter Bodenverhältnisse an den Bauherren zu richten. Schon aus diesem Grund sollten Informationsquellen, die sich über dem Baugrund bieten, intensiv genutzt werden.

Informationen aus der Geologischen Karte

Für große Teile der europäischen Länder gibt es geologische Karten im Maßstab 1 : 25000, 1 : 50000, 1 : 200000 sowie in übergeordneten Maßstäben. Die Beschreibungen der geologischen Gesteinsschichten, die Bezeichnungen der darin dargestellten Erdzeitalter und die verwendeten Symbole und Farben wurden in den letzten Jahren internationalisiert, so dass heute eine französische, deutsche, italienische, russische oder kanadische geologische Karte nach gleichen Maßstäben gelesen und interpretiert werden kann.

Für Baumaßnahmen der bohrtechnischen Längsverlegung von Gas, Wasser, Strom und Telekomleitungen, besonders dörflichen bis kleinstädtischen Regionen, bietet die geologische Karte eine immense Fülle an wertvollen Baugrundinformationen. Aufgrund der internationalen Normungen zeigen geologische Karten die abgedeckte Bodensituation in ein Meter Tiefe an. Für Gasleitungen, die meist in 90 cm bis 110 cm zur Verlegung gebracht werden, ist dies die ideale Informationstiefe. Geologische Karten zeigen zunächst über ihre Legende die Einordnung der in ein Meter Tiefe vorkommenden Gesteine nach ihrem Erdzeitalter an. Zu jeder Erdaltersstufe gibt es jedoch eine Fülle an lithologischen, d.h. gesteintechnischen Informationen, so dass über die Erdaltersstufe aus einer geologischen Karte auch genau die Materialeigenschaften der dort anstehenden Gesteine beschrieben und erläutert werden. Für HDD-Längsverlegungen sind geologische Karten im Maßstab 1 : 25000 ein unentbehrliches Erstbewertungsmittel für die anstehenden Untergrundverhältnisse.

Informationen aus der Ingenieurgeologischen Karte / Baugrundkarte

Ingenieurgeologische Karten im Maßstab 1 : 25000 bzw. Baugrundkarten in noch genaueren Maßstäben sind für tiefe HDD-Maßnahmen (Abwasserleitungsverlegungen, Dükerungen und Kreuzungen) extrem hilfreich und wertvoll. In diesen thematischen Karten, die es leider nur von einigen Großstadtreionen Deutschlands gibt, sind die physikalischen und technischen Eigenschaften der Gesteine des Untergrundes bis ca. 10 Meter Tiefe dargestellt und wo notwendig noch darüber hinaus. Der gesamte obere Gesteinsschichtenbau wird jeweils in seiner Gesteinsmächtigkeit (Gesteinsdicke), in seiner Verteilung und in seinen Eigenschaften dargestellt, ebenso geschieht dies mit den unterlagernden Gesteinshorizonten. Ingenieurgeologische Karten enthalten auch alle je durchgeführten Sondier- und Erkundungsbohrungen, sie enthalten Grundwasserspiegelangaben, Zonen mit Auffüllungen und künstlichen Veränderungen sowie ausführliche Beschreibungen über alle gesteintechnischen und gesteinsphysikalischen Eigenschaften im Untergrund der dicht besiedelten Regionen. Leider gibt es diese ingenieurgeologischen Karten bzw. Baugrundkarten nur von Großstädten wie Hamburg, Hannover, Frankfurt/Main, Stuttgart sowie von vielen Städten des Rhein-Ruhr-Gebietes. Mittlerweile sind jedoch über die Bauämter und Stadtvermessungsämter kleinerer Großstädte wie Heilbronn und Reutlingen auch solche Kartenwerke erhältlich. Eine Anfrage im Baudezernat einer Großstadt ergibt zumindest die Information, ob Baugrundkarten erstellt worden sind. Sollten solche Karten vorliegen, so sind die wenigen Euro für den Erwerb der Karte eine enorm wertvolle Vorausinformation für die geplante HDD-Maßnahme.



Informationen aus der Vegetation

Vor den Zeiten intensiven Düngemittleinsatzes konnte man zumindest über die natürliche Vegetation und über die anpflanzbaren Fruchtstände auf die Bodengüte im Untergrund schließen. Heutzutage ist dies fast nicht mehr möglich, da durch Düngemiteleintrag auch relativ karge Böden tragfähig gemacht wurden. Nur bei besonders hohen Wuchspflanzen wie zum Beispiel Hopfen kann noch auf eine besonders tiefreichende Bodengüte im Untergrund geschlossen werden. Hopfen wächst nur auf allerbesten Böden, wobei der weiche lehmige Boden bis mindestens 2 bis 3 Meter Tiefe hineinreichen muss, um überhaupt den Hopfenwuchs zu ermöglichen. In Hopfenanbauregionen, wie zum Beispiel der Hallertau, können HDD-Bohrleute immer mit guten Bodenverhältnissen rechnen.

Umgekehrt können Wuchspflanzen auch anzeigen, wo mit schlechtem Boden zu rechnen ist. Kiefern und Föhren wachsen auch noch auf sehr nährstoffarmen und kargen Böden, zum Beispiel auf Sand oder dünnen Kalkverwitterungsböden. Kiefern wachsen entweder auf meterdicken nährstoffarmen Sandböden, aber auch auf Kalken und Mergeln, die nur wenige Dezimeter an Bodenkrume aufweisen. In Kalkgebieten in denen Kiefern stehen, kann man davon ausgehen, dass in 30 bis 35 Zentimeter Tiefe schon der anstehende Kalkfels bzw. Mergelstein beginnt.

Informationen aus der Landschaftsform (Geomorphologie)

In einer siedlungstechnisch stark geprägten Landschaft nehmen natürliche Landschaftsformen immer weiter ab, Rückschlussmöglichkeiten auf den Untergrund werden hierdurch immer geringer. Lediglich bei starken Reliefunterschieden, z.B. im Gebirge, in eiszeitlich geprägten Regionen oder in großen Flusstälern sind Bodenrückschlüsse möglich. Steile Bergabschnitte, Hanglagen und Böschungen weisen meist eine geringe Bodenkrume auf, der natürliche Gesteinskörper ist nach wenigen Dezimetern anzutreffen, leicht zu erschürfen und manchmal an der Oberfläche aufgeschlossen. Eine Einblicknahme in den Untergrund ist hier leicht erreichbar. Auch eiszeitlich geprägte Landschaften, z.B. das Alpenvorland und weite Bereiche Norddeutschlands, weisen typische, gletscherverursachte Grundmuster auf, so dass Endmoränen mit ihren immensen Anhäufungen von Blöcken und Findlingen, weiche Seeablagerungen oder Moorgebiete recht gut erkennen kann.

Auch große Flussläufe, wie Rhein, Main oder Donau, haben verschiedene Terrassenniveaus mit unterschiedlichen Flussschüttungen auf diesen Niveaus (z.B. Sande bis Mittelkiese im Hochgestade; grobe Kiese im Tiefgestade, etc.), als Geländekanten erkennbar sind und deren Terrasseninhalte jede Kies- oder Sandgrube in der jeweiligen Talterrasse verrät.

Informationen aus Ortsnamen

Manche Ortsnamen geben durchaus Hinweise auf bestimmte Eigenschaften des Untergrundes. Auch wenn diese Ortsnamen den Regionaldialekt repräsentieren, lohnt sich oft die Übersetzung ins Hochdeutsche. In einer Ortschaft wie „Schutterwald“ wird man mit einer Menge Schotter und Geröll im Untergrund zu rechnen haben. Manche HDD-Firma hat die Bedeutung dieses Ortsnamens erst beim Festfahren des Bohrgestänges erkannt. Ein Stadtteilname wie „Laim“ in München verrät, dass innerhalb der riesigen Ebene mit Isar-Schottern doch ein Gebiet mit schönem Lehm (bayr: Laim) vorhanden ist, in dem HDD-Bohrungen sehr gut möglich sind. Ortsnamen mit „schlier“ in der Bezeichnung verraten das Vorhandensein von weichen knetfähigen Tonen im Untergrund und Stadtteilnamen wie „Sandhausen“ lassen auf reichlich Sand in diesem Bereich schließen. Vor Ortsnamen mit „stein“ und „fels“ in der Bezeichnung sollte man nicht mit Lockergestein rechnen. Ortsbezeichnungen mit „moos“, „ried“, „moor“ und „fehn“ lassen auf Torf und andere weiche Sedimente im Untergrund schließen. Es lohnt sich die Bedeutung der Ortsnamen zu hinterfragen.

Informationen aus Luftbildern

Gerade für Siedlungsstrukturen sind Luftbilder eine enorme Quelle an Informationen, wenn hierzu Bildmaterial aus älteren und neueren Befliegungen verglichen werden kann. Gerade ältere Städte, die durch Kriegereignisse und durch den Bauboom der 50er und 60er Jahre starke Überprägungen der Straßen- und Bebauungsstrukturen erhalten haben, lassen durch Luftbilder oft den früheren Straßenverlauf und frühere Gebäude erkennen, deren Reste oft noch im Untergrund stecken.

Viele Städte in Deutschland wurden vernichtend bombardiert, die unzähligen Bombentrichter dienten primär zur Aufnahme des Zerstörungsschuttes. Bis heute ist dieser Schutt unter den Straßenniveaus noch vorhanden und nur die Luftbilder verraten, wo solche aufgefüllten Bombentrichter zu erwarten sind. In manchen Innenstädten bestehen 70 % des Straßenuntergrundes aus Zerstörungsschutt in solchen ehemaligen Bombentrichtern (z.B. Heilbronn, Nürnberg, Pforzheim, Mannheim, Stuttgart, Mainz, Frankfurt, Berlin, Dresden, Hamburg).

Informationen aus Stadtatlanten / Archäologischen Karten

Von Städten mit römischem oder mittelalterlichem Kern gibt es inzwischen sehr gute archäologische Karten oder gar Stadtatlanten, die die verschiedenen Siedlungsniveaus mit ihren alten Gebäuderesten im Untergrund ebenso darstellen wie die noch im Untergrund vorhandenen alten Straßenverläufe, Brunnen oder Mauern.

Mögliche Störkörper im Bereich einer HDD-Bohrtrasse

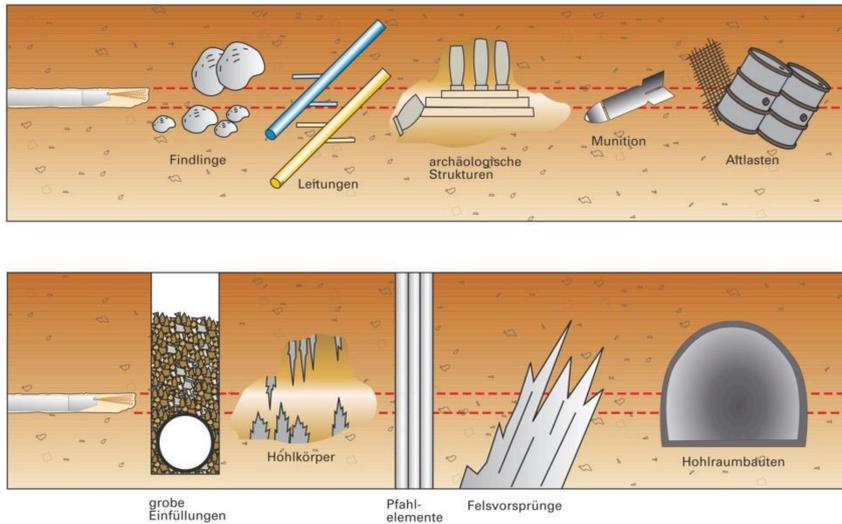


Bild 3: Vielfältige Hindernisse können sich im Siedlungsuntergrund befinden und gehören im Zuge einer Baugrunderkundung miterfasst

Baugrund in der Stadt

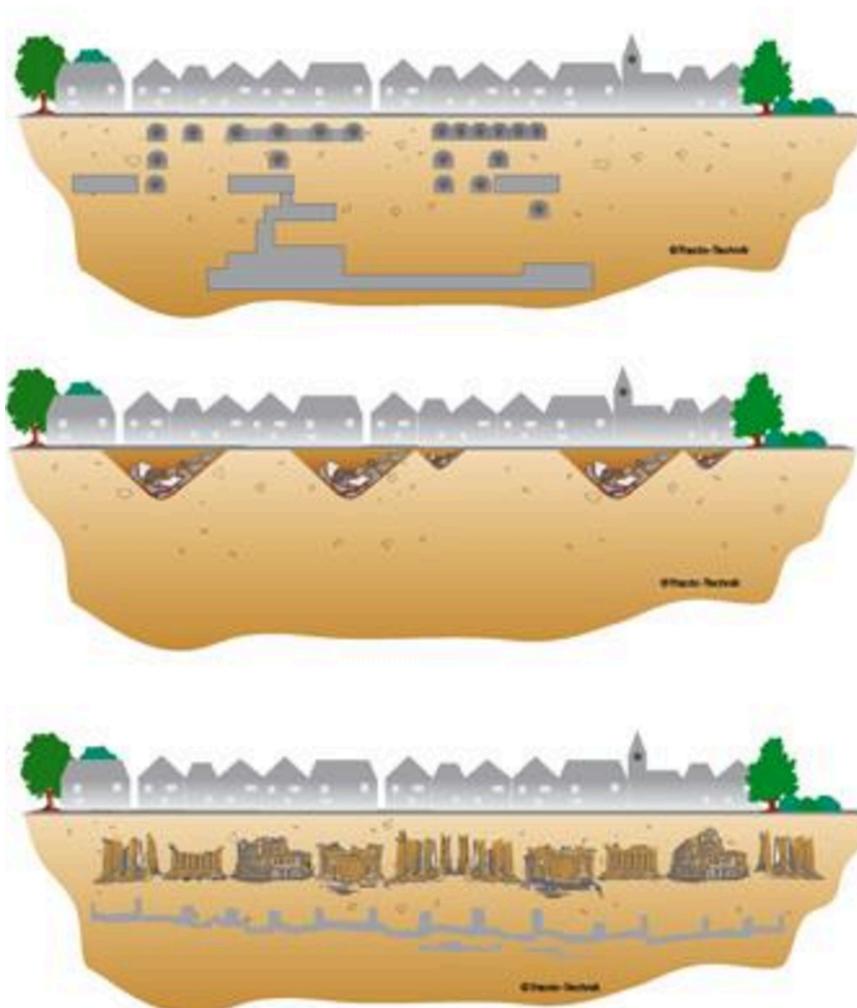


Bild 4: Stadtböden enthalten oft unterirdische Keller, Kriegsschutteeinfüllungen und frühere Siedlungshorizonte



In vielen Städten sind solche archäologischen Strukturen im Untergrund vorhanden, die oft gerade im Leitungsverlegeniveau relevant sind. Großstädte wie Köln, Bonn, Mainz, Trier oder Augsburg haben noch sehr viel römischen Ruinenbestand in Untergrund, auf den das Mittelalter seinen weiteren Siedlungsschichten gelegt hat. Selbst Kleinstädte, wie Ladenburg oder Kempten, haben einen starken römischen Untergrundbestand. Solche Stadtatlanten der Denkmalbehörden schützen nicht vor möglichen unbekanntem Treffern im Untergrund, sondern können „Zustimmungsmaterial“ für die Entscheidung für HDD-Bohrungen und gegen offene Maßnahmen sein, da Denkmalschützer gerne eine bohrungsmäßige Unterfahrung unter dem archäologischen Bestand unterstützen, während sie den offenen Eingriff, der die gehüteten Schichten des Untergrundes stört, wo immer es möglich ist und eine Alternative vorhanden ist, ablehnen.

Informationen aus Schürfgruben und Baugruben

Auftraggeber aus der Ver- und Entsorgungstechnik kennen oft Aspekte des Baugrundes aus Aufgrabungen nach Leitungsschäden, aus nachträglichen Gruben für neue Hausanschlüsse, aus Aushubgruben für Neubauten, oder von früheren Baumaßnahmen. Nur selten sind solche Schürf- und Baugruben dokumentiert, oft wird der Boden aus Unkenntnis völlig fehlerhaft beschrieben. Bezugnahmen auf solche Gruben sind skeptisch oder mit großem Vorbehalt zu betrachten, es sei denn ein Geologe oder Geotechniker hat den Befund dieser Gruben entsprechend den DIN- oder EN-Normen fachlich angesprochen und dokumentiert.

Sollten Schürf- oder Baugruben vor der Vergabe einer HDD-Baumaßnahme offen stehen, so ist dies ein Glücksfall, den es zu nutzen gilt. Schon mit einfachen Handprobe-Entnahmen und Bodenansprachen lassen sich einige wichtige Bodenfaktoren und Parameter für eine HDD-Bohrung ermitteln. In Verbindung mit professionellen Bohrsoftware-Programmen sind dann sogar Hinweise auf die optimale Bohrspülungs-Zusammensetzung, auf den optimalen Bohrkopf und auf den optimalen Reamertyp (Aufweitkopf) möglich.

Informationen aus Sondierungen

Im Zuge eines Baugrundgutachtens werden normalerweise Sondierungen im oder am künftigen Trassenverlauf vorgenommen. Bei der Durchsicht von Baugrundachten kann es vorkommen, dass man im Vergleich mit der Ortsbesichtigung erkennt, dass in einzelnen Abschnitten keine oder zu wenig Sondierungen vorgenommen wurden. Es ist das gute Recht eines Bauauftragnehmers mitzuteilen, dass er gerne Sondiererkundungen an festgestellten Lückenabschnitten haben möchte. Normalerweise wird der Bauherr einem solchen Wunsch nachkommen, da er selber damit Kenntnislücken schließen kann. Sondierbohrungen bieten den enormen Vorteil, dass sie den kompletten Aufbau der

im Untergrund vorhandenen Bodenschichtung erkennen lassen. Aus dem gewonnenen Bodenmaterial können zudem die physikalisch relevanten Faktoren (Materialkennwerte) des Bodens bestimmt werden, die nach Eurocode 7 für ein Baugrundgutachten essentiell enthalten sein sollten.

Untergrundverhältnisse unter Flüssen und Seen

Für Baugrundbewertungen unter Flüssen und Seen sind Sondierungen nur an den Ufern völlig unzureichend. Es sollten mehrere Sondierungen im Gewässergrund bis mindestens 2 Meter unter dem geplanten Verlegeraum niedergebracht werden. Auch ist auf früheren Uferverbau und auf Abweichungen vom Querprofil besonders zu achten. Dem Problem einer möglichen Rückwärtseinschneidung in weichen Sedimenten unter einem Gewässer ist von vorne herein Rechnung zu tragen, in dem der Bohrungsverlauf im Dükerbogenbereich tiefer geführt werden muss, als es primär notwendig erscheint. Sondierungen im Gewässergrund müssen auch diesem tieferen Bohrungsverlauf in jedem Fall berücksichtigen.

Untergrundverhältnisse in Dörfern und Streusiedlungen

In Dörfern und Streusiedlungen ist der Unterbau unter Straßen oft verlässlich einschätzbar und Siedlungsüberprägungen sind am Baubild und aus der Geschichte oft gut herleitbar. Die geologische Karte ist ein essentielles Hilfsmittel, um hier die gegebenen Untergrundverhältnisse bewerten zu können. Das Potential an Überraschungen aus dem Untergrund ist relativ gering. Geachtet werden sollte auf ehemalige, abgegangene Orte, die früheren Kriegs-, Verteidigungs- oder Pestereignissen zum Opfer gefallen sind. Solche devastierten Orte, deren bauliche Struktur im Untergrund noch vorhanden ist, sind in manchen Regionen sehr häufig.

Komplexe Untergrundverhältnisse in Stadträumen

Die schwierigsten Untergrundverhältnisse sind in Stadträumen vorhanden, die eine lange und wechselvolle Geschichte hinter sich haben. Gerade hier sind HDD-Maßnahmen besonders gefragt. In solchen Stadträumen sollte jedoch das ganze Repertoire an Informationen genutzt werden, wie zum Beispiel Baugrundkarten, Luftbilder, diverse Generationen von Stadtkarten, Stadtatlanten und intensive Sondierungen. Es ist erstaunlich, was in städtischen Untergründen zu finden ist. So gibt es Städte mit diversen Stockwerken an Kellerhöhlräumen im Untergrund. In Nürnberg liegen diese in den Fels gehauenen Kellerräume in mehreren Stockwerken übereinander, sogar in fränkischen Kleinstädten, wie Wolframs-Eschenbach, sind solche Keller im Leitungsverlegeniveau und noch tiefer zu finden. Wien hat riesige unterirdische Kelleranlagen, die viele Stockwerke untereinander reichen und zum Teil noch aus der Zeit



der Türkenbelagerung stammen. Paris hat nicht nur riesige unterirdische Kellerräume und Katakomben, sondern sehr tiefreichende unterirdische Steinbruchanlagen, aus denen die direkt darüber befindlichen Häuser gebaut worden sind. Solche Städte mit Steingewinnung im Untergrund und darüber errichteten Häusern gibt es auch im mittleren Neckarraum, im Hunsrück und Taunus, entlang des Moseltales und zum Beispiel im Harz.

In anderen Städten ist das Potential an gestörten Untergrundverhältnissen ebenfalls enorm. Die schon erwähnten bombardierten Städte weisen dichte Fleckenteppiche von Bombentrümmern im Untergrund auf, die mit Zerstörungsschutt und Mauerresten aufgefüllt wurden. In manchen Großstädten ist der Anteil an Bombentrümmern mit Schutt wesentlich größer, als der verbliebene natürliche Bodenanteil, so zum Beispiel in Stuttgart, Pforzheim oder Heilbronn. Andere Städte mit langer geschichtlicher Tradition haben, wie schon erwähnt, ganze Siedlungshorizonte mit verbliebenen Mauerwerksresten im Untergrund. Das Erkennen dieser Untergrundhinder-nisse ist unerlässliche Aufgabe des Bauherrn. Zur eigenen Absicherung und zum Erkennen von Ausweichmöglichkeiten sollte das HDD-Unternehmen jedoch hier über den Untergrund frühestmöglich Bescheid wissen.

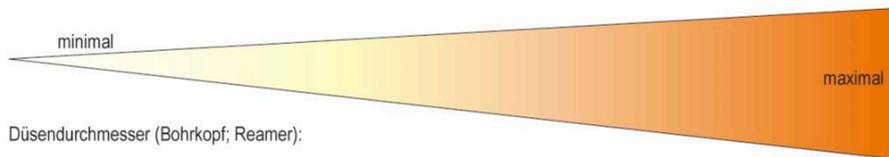
Einfluss von Gesteinsparametern auf HDD-Bohrleistungen

Welchen enormen Einfluss physikalische Baugrundparameter auf die HDD-Bohrtechnik selbst haben, wurde schon beim „Faktor Baugrund“ erwähnt und anhand des Parameters „Kornrauigkeit“ am Beispiel von Sand erläutert (Der bohrtechnische Vortrieb in scharfkantigem Sand dauert 3 bis 3,5 mal so lange, wie im wohlgerundeten Sand gleicher Größe). Andere physikalische Parameter wie Korngröße, Lagerungsdichte, Scherfestigkeit, Kornverteilung, Feinstkornanteil, Grobkornanteil sind schon erwähnte Kriterien, die unterschiedliche Bohrgeschwindigkeiten und unterschiedliche Bohrlochstabilitäten und damit unterschiedlichen Bohrspülungsbedarf im Lockergestein bestimmen.

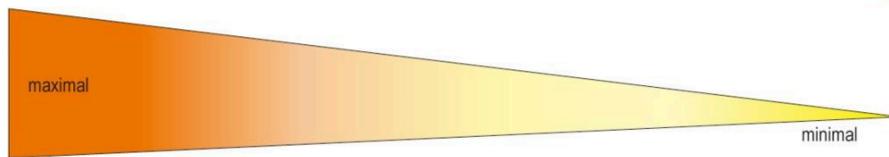
Relationen zur Lagerungsdichte

Empfehlungen für den Bohrvortrieb:

Bohrspülungsdruck:



Düsendurchmesser (Bohrkopf; Reamer):



Bohrvortriebsgeschwindigkeit:



Bentonitbedarf:



Verschleiß beim Bohrwerkzeug:



Bedarf an Polymerzusätzen (Bohrspülung):

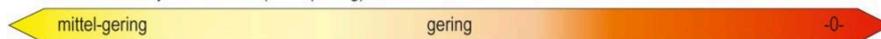


Bild 5: Lagerungsdichte des Bodens und daraus resultierende Effekte

So entscheidet die Lagerungsdichte maßgeblich über den Eindringwiderstand gegenüber Bohrwerkzeugen, damit über die Vortriebsgeschwindigkeit der Bohrung aber auch über den Bentonitbedarf zur Stützung des Bohrloches. Sehr entscheidend ist auch die Kornverteilung bei Lockergesteinen. Je besser die Sortierung, das heißt je gleichmäßiger der Hauptanteil der Korngröße ist, desto höher ist der Stützungsaufwand zur Stabilisierung des HDD-Bohrloches, desto besser ist darin jedoch der Bohrvortrieb aufgrund der Gleichmäßigkeit der Sedimentkörner. Eine schlechte Sortierung, das heißt eine große Bandbreite an unterschiedlichen Korngrößen, führt umgekehrt zu mehr natürlicher Bohrlochstabilität, da feineres Korn in die Zwickelräume zwischen größe-

ren Körnern einlagert ist und deren Verlagerbarkeit reduziert bis unmöglich macht. Im Gegenzug ist weniger Bentonit erforderlich, der Bohrvortrieb insgesamt dadurch jedoch langsamer. Diese Effekte unterschiedlicher Gesteinsparameter sind in den beigefügten Grafiken veranschaulicht.

Von großer Relevanz sind auch der Feinstkornanteil als „Bohrvortriebshelfer“ und auf der Gegenseite der Grobkornanteil „Bohrvortriebsbremsen bzw. –verhinderer“ in Lockergestein zu sehen. Hohe Feinstkornanteile, wie in lehmigen oder tonigen Böden üblich, sind hydromechanisch beim HDD-Bohren leicht durchdringbar und auch leicht aus dem Bohrloch austragbar, während Grobkornanteile (Mittelkiese bis Gerölle) mit zunehmender



Größe den Eindringwiderstand der Bohrwerkzeuge logarithmisch erhöhen. Geröllanteile stellen ein erhebliches Erschwernis beim Lockergesteinsbohren dar, reine Gerölle erfordern sogar spezielle Bohrwerkzeuge bzw. Doppelgestänge-Bohranlagen. Da diese Effekte aus den unterschiedlichsten Korngrößen auf die Auswahl von Bohrkopftypen und Bohraufweitwerkzeugen (Reamer) starken Einfluss haben, sind sie im Zusammenhang mit der Beschreibung unterschiedlicher Bohrwerkzeuge dargestellt. Deren optimale Form steht in direkter Abhängigkeit zu den unterschiedlichen Korngrößen und ist auf Korngrößen-Bohrwerkzeug-Diagrammen dargestellt (siehe Kapitel Bohrwerkzeuge).

Bei Festgesteinen (Fels) gelten andere Gesteinsparameter und damit andere Maßstäbe als beim Lockergesteinsbohren. Der Prozess des Hartgesteinsbohrens ist vielschichtiger und hängt nicht nur von der Gesteins Härte (Druckfestigkeit) ab. Die Druckfestigkeit (es genügt der Kennwert der einachsialen Druckfestigkeit) ist zwar der wichtigste Kennwert, für viele Bohranwender oft sogar leider der einzige relevante Kennwert für die Auswahl von Bohrmeißeln und Bohrweitwerkzeugen. Faktoren wie die natürlichen Trennflächen im Gestein (Klüfte, Verwerfungen, Grenzflächen, Spaltflächen), unterschiedliche Härten und Eigenschaften von Mineralien innerhalb eines Gesteines, des Bindemittels der Mineralien im Gesteinsverbund (sog. Matrix) und seine Bindekraft, die Verwitterungswirkung auf das Gestein, die Gleichwertigkeit oder Unregelmäßigkeit des Gesteinsaufbaus und andere Faktoren, wie die Abrasivität, bestimmen sehr stark die bohrtechnische Lösbarkeit von Festgesteinen. Die Abtragungswirkung durch Schneiden, Zähne oder Warzen des Bohrwerkzeuges nutzt die Zerstörung des schwächsten Minerals innerhalb des Mineralgefüges, welches das Gestein in seinem Gesamtgefüge aufbaut. Das schwächste Mineral aus dem Gefüge wird gespalten, zerdrückt, zerkleinert und die nächst härteren Mineralien brechen dadurch aus dem Gefüge und werden an ihresgleichen, an den härteren Mineralrelikten und an den Schneiden und Zähnen des Werkzeuges zermahlen. Aufbrechen und Zerstören des Gesteinsgefüges an der schwächsten Mineralstelle ist der Weg des erfolgreichen Eindringens ins Festgestein, Herausbrechen, Aufspalten und das aneinander zerreiben ist der Zerkleinerungsweg für die härteren Komponenten im Gestein. Je größer die einzelnen Mineralkörner innerhalb des Festgesteines sind, desto leichter lassen sie sich „aufspalten“, das heißt bei gleicher Gesteinsdruckfestigkeit ist ein grobspätiges Festgestein wie zum Beispiel Granit leichter bohrbar, als ein gleich harter feinkörniger Sandstein (gleicher Mineralbestand unter den Körnern). Grobspätige Festgesteine sind leichter bohrtechnisch abtragbar, als feinkörnige Festgesteine (bei Lockergesteinen ist diese Relation genau umgekehrt). Für den Verschleiß an Bohrwerkzeugen ist auch der Faktor Abrasivität (interne Kornrauigkeit) sehr wichtig, der als Cerchar-Wert (CAI = Cerchar Abrasivity Index) in Baugrundgutachten enthalten sein sollte.

Rechtliche Verantwortung für den Baugrund

Im Prinzip hat der Bauherr eine ewige Verantwortung für den von ihm zur Verfügung gestellten Baugrund. Das Fallbeispiel PISA mit seinem berühmten schiefen Turm zeigt, dass auch nach 800 Jahren das Domkapitel die Effekte und Nachkorrekturen des damals nicht richtig eingeschätzten Baugrundes zu tragen hat. Die Handwerker haben den Turm exakt und hervorragend gemauert, sie sind lediglich für das von ihnen erbrachte Gewerk verantwortlich. Keiner würde je auf die Idee kommen, die Handwerker für die Baugrundsetzungen verantwortlich zu machen. In gleicher Weise sollten im HDD-Bereich klare Verhältnisse geschaffen werden. Eine Bohrfirma ist für die Erbringung der Bohrleistung verantwortlich und sollte sich nie Baugrundverantwortlichkeiten aufschultern lassen. Auch ist der Bauherr selbst für die Leitungsfunktion der verlegten Leitungen in stabiler Leitungslage verantwortlich.

Hilfe bei anderen Baugrundverhältnissen als erwartet ?

Ein recht häufiges Phänomen sind feststellbare Differenzen zwischen einem erkundeten und beschriebenen Baugrund und einem durch die HDD-Baumaßnahme mit möglichen Zwischengruben festgestellten tatsächlichen Baugrund. Hier beginnen oft rechtliche Auseinandersetzungen zwischen Bauherr und Bauunternehmen, die vermeidbar wären. Der Baugrundgutachter sollte HDD-Kenntnisse haben, er sollte sich beim Gutachten verfassen in die Situation der Bohrtechnik und der bohrtechnischen Abläufe hineinendenken können.

Kommt es zu unterschiedlichen Betrachtungen der Baugrundverhältnisse, so sollten Schiedsinstitutionen wie zum Beispiel HDD-Experten und HDD-Sachverständige in Anspruch genommen werden. Dies sind Experten, welche sowohl die grabenlosen Bauverfahren kennen als auch in der Regel genügend Erfahrung mit der Beurteilung von Untergrundsituationen haben. Der Weg über Schiedsinstitutionen oder Mediatoren ist für beide Seiten, Auftraggeber und Auftragnehmer, der fachlich bessere, zeitlich kürzere, kostengünstigere und gerechtere Weg als langjährige rechtliche Auseinandersetzungen, die beiden Seiten nur viel Geld, viel Zeit und lange Phasen der Unsicherheit kosten.

Literatur:

BAYER, H.-J. & REICH, M. (2012): Praxishandbuch HDD-Felsbohrtechnik. 212 S., Vulkan-Verlag, Essen.

BAYER, H.-J. (2016, 2. Aufl.): HDD-Praxis-Handbuch; 457 S., Vulkan-Verlag, Essen.

DCA (Verband Güteschutz Horizontalbohrungen e.V., 2015): 4. Aufl., 144 S., Technische Richtlinien des DCA, Aachen.

ELBE, L. & BAYER, H.-J. (Herausg., 2010): Bohrspülungen für HDD- und Geothermie-Bohrungen; IRO-Bd. 26,



Inst. für Rohrleitungsbau Oldenburg, 273 S., Vulkan-Verlag, Essen.

FENGLER, E. G. / BUNGER, S. (2007): Grundlagen der Horizontalbohrtechnik (Herausgeg.: Wegener, T.), Iroschriftreihe Nr. 13, Essen: Vulkan-Verlag.

HAMERS, M., SCHAUERTE, Th. & BAYER, H.-J. (2010): High-Tech in HDD-Anlagen – Technischer Generationensprung. – bi Umweltbau, 1/2010, S. 32 – 35, Kiel.

STEIN, D. (2003): Grabenloser Leitungsbau; 1144 S., Ernst & Sohn, Berlin.