

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Accepted Version

Heibaum, Michael

Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen

Felsbau-Magazin

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100658>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Heibaum, Michael (2011): Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen. In: Felsbau-Magazin 5 (29). S. 329-335.

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.



Erstveröffentlichung in Felsbau-Magazin 5 (2011), S. 329-335.

Für eine korrekte Zitierbarkeit ist die Seitennummerierung der Originalveröffentlichung für jede Seite kenntlich gemacht.

S. 329

Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen

Heibaum

Dr.-Ing. Michael Heibaum, Abteilung Geotechnik, Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe.

Bei Baugrunderkundungen ist wegen der besonderen Bedeutung des Baugrunds für die Planung, Bemessung und Bauausführung zwischen dem Auftraggeber, dem Entwurfsverfasser und dem Fachplaner für Geotechnik eine sehr enge fachliche und organisatorische Zusammenarbeit erforderlich. DIN 4020 (Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke) gibt Hinweise, wie zwischen dem Entwurfsverfasser und dem Sachverständigen für Geotechnik zu verfahren ist. Die Ausführung der Baugrundaufschlüsse muss qualitativ hochwertig und für die geplante Baumaßnahme umfassend sein, um im Ergebnis eine zutreffende Beschreibung und Beurteilung der Baugrundverhältnisse zu erhalten und das Baugrundrisiko für die Bauausführung zu minimieren. Darüber hinaus muss bei allen Beteiligten das Bewusstsein vorhanden sein, welche Auswirkungen die Probennahme und die weitere Verarbeitung haben, um die aus dieser Untersuchungskette gewonnenen Erkenntnisse richtig zu bewerten. Dafür ist die Kenntnis der verwendeten Modelle und der Möglichkeiten und Grenzen der Versuchstechnik unentbehrlich.

Fast alle Baustoffe werden hergestellt und können in ihrer Qualität beeinflusst werden. Den Boden muss man nehmen, wie er ist (Bild 1). Man kann ihn zwar verbessern, aber auch dafür muss man ihn erst kennen. Und nachdem alle Konstruktionen, aus welchem Material auch immer, in irgendeiner Form auf oder in dem Boden gegründet sein müssen - es sei denn, man wählt schwimmende Bauwerke - gilt es, den Baugrund ausreichend gut zu erkunden, um die notwendige Behandlung des Bodens abschätzen zu können.

Trotz dieser trivialen Erkenntnis wurde aber bei den Bauvorhaben aller Zeiten und wird auch heute hauptsächlich an der Baugrunderkundung gespart, obwohl diese Kosten häufig nur einen Bruchteil der Bausumme ausmachen. Die Versäumnisse bei der Baugrunderkundung müssen später durch aufwändige Maßnahmen korrigiert werden, die aber in den globalen Baukosten verschwinden und nicht mehr als das wahrgenommen werden was sie sind: unnötige Baukosten, die durch einen Bruchteil davon für einen gewissen Mehraufwand bei der Baugrunderkundung hätten vermieden werden können. Das Wissen um den Stellenwert der Baugrundaufschlüsse muss bei allen Baubeteiligten präsent sein, und nur durch gegenseitige Information können der Aufschluss selbst und die daraus abgeleiteten Modelle und Bemessungsansätze richtig bewertet werden.

Es gibt eine Reihe von Baumaßnahmen, deren Vergabe allein aufgrund des richtigen Gründungskonzepts entschieden wurden, was für bestimmte Beispiele leicht nachvollziehbar ist: Eine monolithische Schleuse aus Stahlbeton oder eine Kanalüberführung aus Stahl lassen sich sehr genau kalkulieren, nicht jedoch der Aufwand für die Gründung. Je besser die Kenntnis des Untergrunds

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

und je größer das Wissen um die "Beherrschbarkeit" des Baugrunds, desto genauer ist eine Kalkulation für den notwendigen Gründungsaufwand möglich. Wird er unterschätzt, steigen die Kosten und es beginnt die Diskussion um Nachträge. Solche Diskussionen sind jedoch Gift für jede erfolgreiche Baudurchführung, führen sie doch zu Zeitverzögerungen, Mehraufwand und Frust. Letzteres klingt etwas banal oder gar deplatziert, ist aber ein Hauptfaktor: Gute Arbeit wird nur geleistet, wenn die Arbeitsbedingungen von den "oberen Etagen" bis zu den Ausführenden stimmen. Es zeigt sich also: eine gute Baugrunderkundung ist in jeder Hinsicht der Schlüssel für ein erfolgreiches Bauen!

Wie muss also eine gute Baugrunderkundung aussehen? In Deutschland gibt es, wie fast für alles, entsprechende Normen. Die DIN 4020 liefert dabei eine umfassende Anleitung. Aber (wie häufig im Leben) weist auch der gesunde Menschenverstand den Weg für ein vernünftiges Herangehen (was dann aus Kosten- und vermeintlichen Zeitgründen oft genug torpediert wird):

- Zunächst bedarf es einer guten Planung, wie man sich dem unbekanntem Baugrund nähert.
- Die Ausschreibung von Baugrundaufschlüssen muss anschließend so formuliert sein, dass sichergestellt ist, dass die gewünschten Erkenntnisse auch erhalten werden.
- Die Durchführung von Baugrundaufschlüssen (Schürfe, Bohrungen, Sondierungen, Messungen) muss so erfolgen, dass die Ergebnisse verlässlich sind.
- Eine Überwachung der Aufschlussarbeiten ist unerlässlich.
- Der Transport der Proben ist ein heikles Thema und ein Vertrauensvorschuss an den Transporteur.
- Die Lagerung der Proben muss vorgeplant sein, denn von der Entnahme bis zum Eintreffen im bodenmechanischen Labor können Umwelt-



Bild 1: Sedimentationsböden mit Muschelschicht in Peru: Sedimentationsböden (oben) in 2 300 m üNN und Detail der Muschelschicht (unten).

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

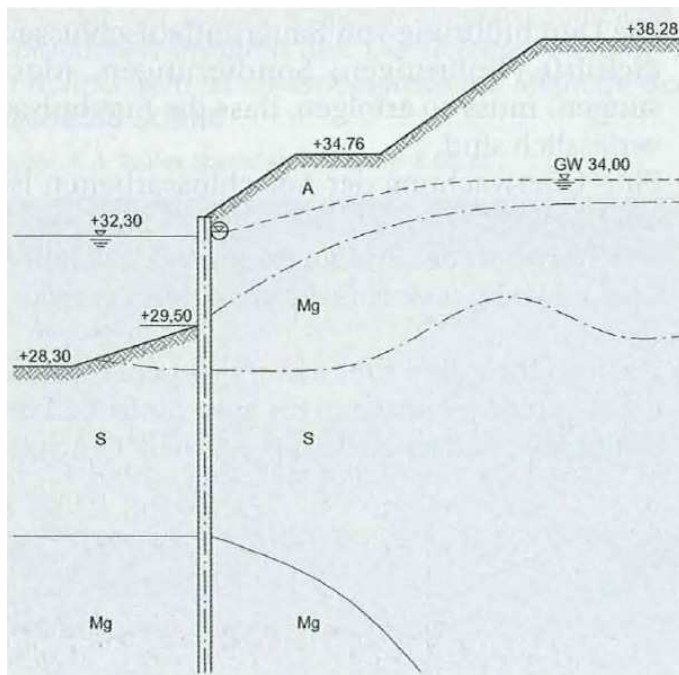


Bild 2: Baugrundquerschnitt am Teltow-Kanal, Berlin.

einflüsse - vor allen anderen Feuchte, Hitze und Frost - später ermittelte Laborergebnisse verfälschen oder zunichtemachen.

- Die letzte Station vor den Zahlenwerten für die Bemessung einer Gründung sind schließlich die Laborversuche.

Das Bild 1 zeigt exemplarisch, wie wichtig eine ausreichende Zahl von Aufschlüssen ist: Baugrundprofiländerungen in kurzer Distanz beeinflussen maßgeblich die Bemessung der Wand. Auch die Grundwassersituation kann ein wesentlicher Bemessungsfaktor sein, weshalb sie in ihrem Schwankungsbereich erfasst werden muss (Bild 2). Dies bedeutet, dass ein ausreichender Vorlauf für die Aufschlüsse, die zu Grundwassermessstellen ausgebaut werden sollen, gewährleistet sein muss. Erschwerend für die korrekte Bemessung des gezeigten Beispiels ist, dass die PC-Programme nicht ohne weiteres in der Lage sind, einen solch komplexen Baugrund abzubilden und die Berechnungsergebnisse daher erheblich streuen können. Deshalb muss die Bodenbeschreibung korrekt sein, um Bemessungsfehler nicht von vornherein den Aufschlüssen anzulasten

Zusammenarbeit von Auftraggeber, Geotechnischem Sachverständigem und Auftragnehmer

Zusammenarbeit bei der Planung

Bei vielen Bauaufgaben sind die Auftraggeber für die Baugrundaufschlüsse nicht die unmittelbaren Empfänger der Leistungen: Die Bohr- und Sondierergebnisse werden an ein beratendes Ingenieurbüro geliefert und erst deren Auswertung der Baugrundaufschlüsse, das Baugrundgutachten, wird dem Auftraggeber übergeben. Durch diese Konstellation ist eine enge Zusammenarbeit und gute gegenseitige Information unerlässlich.

Zu Beginn müssen die Planungen für das zu errichtende oder zu ertüchtigende Bauwerk so detailliert bekannt sein, dass vom Baugrundsachverständigen die erforderlichen Baugrunduntersuchungen in ausreichendem Maß festgelegt werden können. Eine gemeinsame Ortsbesichtigung ist unerlässlich, zum einen, um die Geländegeometrie und die Zugangsmöglichkeiten kennenzulernen und einen ersten Eindruck der Geologie der Oberfläche zu gewinnen, zum anderen, um die möglichen Interaktionen von Bauwerk und Untergrund abzuschätzen.

Die DIN 4020 regelt die erforderliche Zusammenarbeit bei geotechnischen Untersuchungen für bautechnische Zwecke zwischen dem Entwurfsaufsteller und dem Sachverständigen für Geotechnik (Bild 3). In der Norm ist die Einschaltung des Sachverständigen für Geotechnik in Abhängigkeit der geotechnischen Kategorien GK 1 bis 3 beschrieben. Während bei der geotechnischen Kategorie GK 1 (einfache bauliche Anlage) kein geotechnischer Sachverständiger notwendig ist, so muss er bei großen außergewöhnlichen Konstruktionen, hohen Sicherheitsansprüchen, hohen Verformungsempfindlichkeiten und besonders

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen.
Felsbau-Magazin 5 (2011), S. 329-335.

S. 331

schwierigen Baugrundverhältnissen immer eingeschaltet werden.

Zusammenarbeit bei der Durchführung

Bohrungen und Sondierungen, gegebenenfalls auch Schürfe, sind für den Baugrundgutachter die wesentliche Informationsquelle. Da ihre Qualität maßgeblich die Inhalte und Aussagen der Baugrundbeurteilung im späteren Baugrundgutachten bestimmt, ist auf eine optimale Ausführung höchster Wert zu legen. Um dies wiederum zu gewährleisten, darf schon die Ausschreibung möglichst keine Spielräume enthalten, die zu Missverständnissen und/ oder Unzulänglichkeiten der

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

Erkundung führen können. Bei der Auswertung der Angebote darf nicht nur der Vergleich der Angebotssummen maßgebend sein, sondern muss die Frage im Vordergrund stehen, ob das Angebot alle technischen Vorgaben und Voraussetzungen im Hinblick auf Geräte und Personal erfüllt. Alle Auftraggeber von Bauleistungen wissen aus eigener leidvoller Erfahrung, dass vor allem der Baugrund oftmals Anlass für Nachforderungen bei der späteren Ausführung der geplanten Bauleistung ist. Solche Nachforderungen lassen sich minimieren, wenn die Baugrundaufschlüsse mit der notwendigen Sorgfalt und fachtechnischen Kompetenz durchgeführt werden und damit das Baugrundrisiko so klein wie möglich gehalten wird.

Die erfolgreiche Durchführung von Baugrunderkundungen beginnt mit verlässlichen Terminabsprachen von Auftraggeber, Baugrundgutachter und beauftragter Firma. Eine Bohrüberwachung bei der Aufnahme der Aufschlussarbeiten hat sich bewährt, da dadurch gleich zu Beginn etwaige offene Fragen geklärt werden können. Späteres Eingreifen bedeutet immer auch größeren Widerstand gegenüber Änderungswünschen ("... weil es ja bisher so toleriert wurde ..."). Diese Aufsicht möge im Sinne des Vieraugenprinzips verstanden werden und nicht im Sinne von "Aufpassern". Häufig genug ergeben sich anschließend Diskussionen, wie bestimmte Phänomene zu werten sind. Dabei ist es oft sinnvoll, sowohl die Meinung des Bohrmeisters als auch die der Bohraufsicht zu hören.

Stellt die Bohraufsicht Mängel fest, so wird die Bohrfirma zunächst mündlich zum Abstellen der Mängel aufgefordert und ein interner schriftlicher Vermerk verfasst. Der nächste Schritt ist ein schriftlicher Mängelbericht mit einem entsprechend abgestimmten Vorgehen des Auftraggebers. In solchen Konfliktsituationen glauben häufig beide Parteien, im Recht zu sein. Dabei zeigt sich, wie gut die Ausschreibung ist und mit wieviel Nachdruck ein Auftraggeber seine Interessen durchsetzen kann. Der Baugrundgutachter hat dabei die fachtechnischen Anforderungen der Ausschreibung zu vertreten, der Auftraggeber die vertragsrechtliche Seite. Wenn Auftraggeber und Gutachter ihren Standpunkt gut abstimmen und konsequent vertreten, wird der Auftragnehmer die Mängel auch sehr schnell abstellen.

Wichtig kann auch die gegebenenfalls mehrfache Anwesenheit des Gutachters bei den Aufschlüssen

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

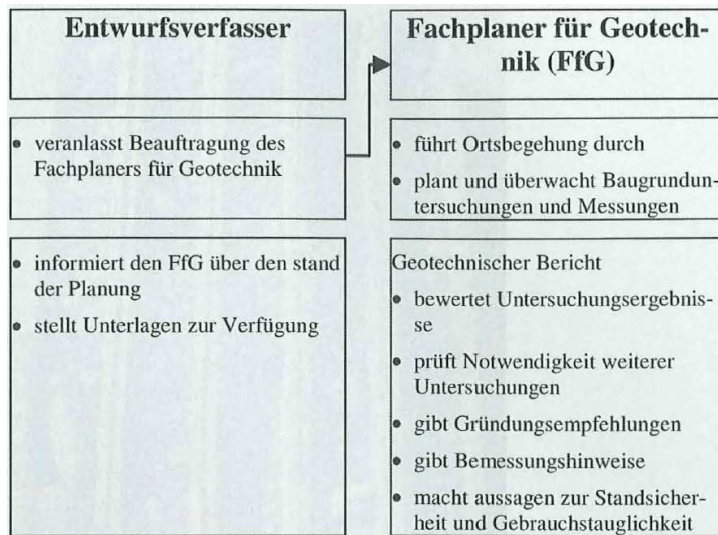


Bild 3: Zusammenarbeit zwischen Entwurfsverfasser und Sachverständigem für Geotechnik.

sen sein, um die Ergebnisse auch im Sinne der jeweiligen Randbedingungen bewerten zu können. Manchmal ist die Anwesenheit sogar unerlässlich: Eine Kleinbohrung mit Nut-Entnahmerohr oder eine Entnahme mit Schnecken (Bild 4) kann nur dann einigermaßen vernünftig bewertet werden, wenn sie unmittelbar nach der Entnahme noch im Entnahmegesetz begutachtet wird und die Probenahme gezielt beeinflusst wird. Ist die Probe erst



Bild 4: Schneckenbohrung zur Baugrunderkundung.



Bild 5: Erkundungsbohrung im Rheinkies.

einmal in der Kernkiste (Bild 5), sind 50% der Informationen verloren. Dasselbe gilt für Schürfe.

Die Bohrfirma hat die Bodenproben, Schichtenverzeichnisse und Sondierergebnisse ohne lange Lagerzeiten der Proben auf der Baustelle an den Gutachter zu senden. Dieser prüft die Bohrergebnisse fachtechnisch auf ihre ausschreibungsgemäße Ausführung. Die Abrechnung sollte stets erst nach einer solchen Prüfung erfolgen, da es erfahrungsgemäß kaum möglich ist, einen Bohrunternehmer wegen nicht auftragsgemäßer Durchführung der Bohrung zu einer Nachbohrung auf seine Kosten zu veranlassen.

Materialkennwerte und Modelle

Für eine geotechnische Aussage werden zum einen Materialkennwerte benötigt, zum anderen muss der Planer sich Modelle überlegen für Lasten, Materialverhalten, Geometrie etc. Die Auswahl zutreffender Materialkennwerte erweist sich stets als ein kritischer, aber wesentlicher Schritt im Zuge der gesamten Baumaßnahme. Der Aufwand an Baugrunduntersuchungen steht häufig genug in keinem Verhältnis zum gesamten Bauvolumen, das heißt, er ist drastisch unterrepräsentiert. Aus diesem Grund bestand auch keine Chance, in der Geotechnik ein Sicherheitskonzept auf probabilis-

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

tischer Grundlage einzuführen, wie es im Jahr 1981 in den GruSiBau (Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen) definiert worden war. Häufig genug werden Baugrundkenngrößen- meistweit auf der sicheren Seite liegend - aus dem Schrifttum entnommen, mehr oder minder allgemeingültig. Lieber wird weit auf der sicheren Seite liegend gerechnet, als ein zutreffendes und zielgerichtetes Laborprogramm abzuarbeiten oder Probelastungen durchzuführen. Aber wann sind zum Beispiel Durchlässigkeiten oder Konsistenzen auf der sicheren Seite, wann auf der unsicheren? Dies kann nur für den einzelnen Bemessungsfall entschieden werden und ist mit Tabellenwerten nur sehr eingeschränkt möglich. Der Rückgriff auf Tabellenwerte lässt nur allzu leicht die große Streuung in den Bodenkennwerten vergessen und den bemessenden Ingenieur das Gefühl verlieren, an welchen Stellen Sicherheitszuschläge sinnvoll sind und wo sie nur verteuern, aber nicht verbessernd wirken. Gänzlich unberücksichtigt bleiben bei der Verwendung von Tabellenwerten lokale Inhomogenitäten, die dann vielleicht nicht die Standsicherheit des Gesamtsystems, jedoch den Bauablauf oder die Stabilität eines Einzelelements sehr stark beeinflussen können.

Alle Details eines Baugrunds zu erfassen, ist unmöglich. Allerdings muss die Baugrundinformation so gut sein, dass man Überlegungen anstellen kann, was durch etwaige Inhomogenitäten bewirkt werden kann. Dabei sind hinsichtlich Tragfähigkeit, Verformungsanfälligkeit und hydraulischer Sicherheit durchaus sehr unterschiedliche Aspekte zu berücksichtigen.

Andererseits befindet sich der bemessende Ingenieur auch in einer Zwangslage, wenn zu viele Baugrundkennwerte zur Verfügung stehen. Da es

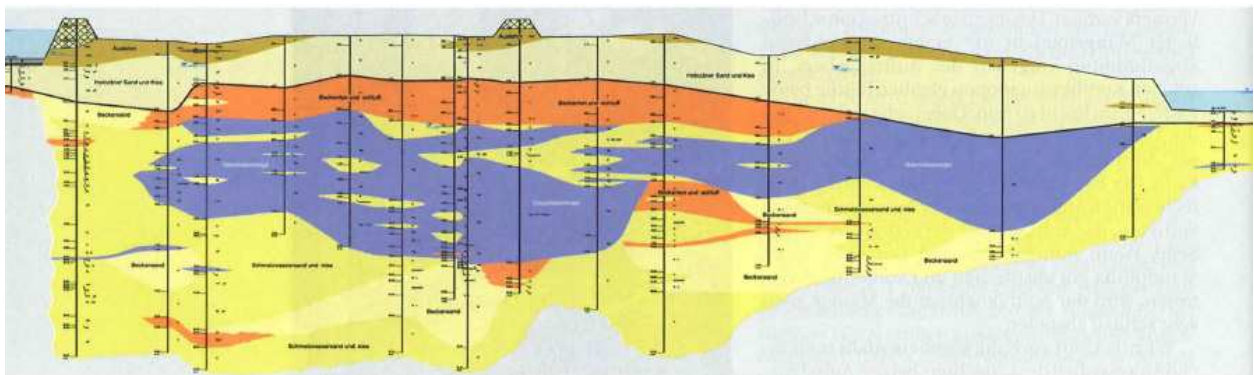


Bild 6: Baugrundmodell.

baupraktisch nicht sinnvoll ist, Bauverfahren und Materialeinsatz in kurzen Abständen zu ändern, muss ein repräsentatives Bemessungsprofil ("geometrisches Modell") erstellt werden, das einerseits zu wirtschaftlicher Bauausführung, andererseits zur sicheren Dimensionierung führt (Bild 6). Die Modellbildung für das Material des Bodens und seine Geometrie ist also ein wesentlicher Schritt, bevor die erste Berechnung überhaupt durchgeführt wird. Sie erfordert die Erfahrung des Gutachters und die Verlässlichkeit der Aufschlussinformation, weshalb ein entsprechender Aufwand gerechtfertigt ist.

Eine weitere Modellbildung besteht darin, bei den Annahmen für die Rechnung die Randbedingungen der Baupraxis zu berücksichtigen. Witterungseinflüsse verändern je nach Einwirkungsdauer die Bodenkennwerte zum Teil erheblich. In einer aufgeweichten Baugrubensohle ist der Erdwiderstand geringer als in der Rechnung angesetzt, also muss solch eine etwaige Empfindlichkeit des Bodens erkannt werden - das erfordert sehr gute Bodenproben. Im aktiven Bereich führt in Spalten und Risse eindringendes Wasser schnell zu einer erheblichen Mehrbelastung, die keine Funktion der Wassermenge ist, sondern nur eine des Wasserdrucks, das heißt der vertikalen Ausdehnung von Spalten und Rissen; also gilt es, das Schrumpfungsverhalten des anstehenden Bodens zu beurteilen.

Örtliche Inhomogenitäten setzen lokal alle Rechenannahmen außer Kraft und können selbst bei einem überdimensionierten Aufschlussprogramm nie ausgeschlossen werden. Ihnen kann nur durch ein erfahrenes Team auf der Baustelle konstruktiv begegnet werden. Ein Beispiel sind Sandlinsen mit einem gegebenenfalls verstärkten Wasserandrang. Solch ein Fall wird im Allgemeinen nur konstruktiv berücksichtigt und bei der Bemessung vernachlässigt. Ein anderes Beispiel sind "Schmierflächen" im Baugrund, zum Beispiel Glimmerlagen, die einerseits wasserführend sind, zum anderen sehr niedrige Reibungswinkel aufweisen - sie können (wenn überhaupt) nur durch sehr sorgfältige Bohrungen erkannt werden.

Oft zitiert und oft missbraucht ist die "Schlauheit des Materials". Erst recht taugt sie nicht, ein nicht ausreichendes Aufschlussprogramm zu rechtfertigen. Ein Beispiel ist die Kapillarkohäsion in erdfeuchten Sanden, die auf den ersten Blick eine hohe Standfestigkeit, zum Beispiel einer Böschung vermuten lässt. In Berechnungen wird die Scherfestigkeit des Sands nur aufgrund seines Reibungswinkels angesetzt, wodurch vordergründig "unnötige" Sicherheitsmaßnahmen ermittelt werden. Die in situ scheinbar höheren Festigkeiten infolge der Kapillarkohäsion werden jedoch leicht überschätzt, da ein Starkregen die Kapillarkohäsion außer Kraft setzen kann oder Austrocknungsvorgänge zu oberflächennahen Rutschungen führen.

Ein weiteres Beispiel ist die Tatsache, dass bei ausgeprägt plastischen, bindigen Böden die Kohäsion meist sehr viel vorsichtiger angesetzt wird, als sie sich in natura erweist. Dann setzt auf der Bau-

stelle großes Kopfschütteln über die "Herren Gutachter" ein, wenn in bindigem Material rechnerisch eine zwei- oder dreifach verankerte Verbauwand erforderlich ist, bei den Baggerarbeiten es sich aber zeigt, dass diese Wand über die gesamte Höhe fast senkrecht ohne Stützung stehen bleibt. Unter Umständen steht sogar noch der Bagger obenauf und "nichts passiert"! Dies kann sich schnell ins Gegenteil verkehren, wenn statt eines homogenen Bereichs plötzlich ein Stück mit (geschlossenen) Klüften oder Kontaktflächen angeschnitten wird, die sich bei der Entspannung öffnen und Schollen sich lösen. Oder es entstehen durch Austrocknungsvorgänge Risse, die häufig tief in den Boden reichen. Bei Starkregen werden sie mit Wasser gefüllt und der resultierende Wasserdruck sprengt ganze Blöcke ab.

Laborversuche und deren Auswertung

Wenn es gelungen ist, ein Aufschlussprogramm mit guten Ergebnissen abzuschließen, bleibt die Auswertung im Labor. (Auf den Einfluss des Transports wurde schon hingewiesen.)

Manchmal hat man zwar den Eindruck, dass das Orakel von Delphi eher eindeutige Aussagen getroffen hat, als die Ergebnisse von verschiedenen Laboren im Vergleich, aber im Normalfall sind die Streuungen doch eher gering. Das soll nicht die Laboratorien diskreditieren, sondern die Erkenntnis schärfen, dass bei einem so problematischen Material wie dem natürlich anstehenden Boden die Behandlung im Labor durch unterschiedlich agierende Menschen unvermeidlich zu Streuungen der ermittelten Kennwerte führt. Das heißt nun nicht, dass die Laborergebnisse reine Zufallsprodukte sind, sondern es bedeutet, dass die Kette von der Probennahme bis zur Festlegung von charakteristischen Werten für die Bemessung geschlossen sein muss, das heißt es muss eine intensive Kommunikation zwischen allen Beteiligten dieser Kette vorhanden sein. Es kann nie zu viel Information in dieser Kette geben - jede Randnotiz, Fotografie oder Gesprächsmitschrift liefert wesentliche Aspekte für die letztendliche Bewertung der Bodenprobe, beziehungsweise der daraus gewonnenen Laborwerte.

Die Problematik der Auswertung von Versuchen soll beispielhaft an dem Scherdiagramm eines direkten Scherversuchs gezeigt werden (Bild 7). Zwei Teilversuche ergeben eine eindeutige Schergerade und dann ein eindeutiges Wertepaar von Reibungswinkel φ und Kohäsion c . Allerdings wird der geotechnische Sachverständige immer mehr als zwei Teilversuche anordnen, obwohl er sich damit selbst Probleme schafft: In den seltensten Fällen werden die drei und mehr Punkte der Einzelversuche auf einer Geraden liegen. Analog wird im Triaxialversuch (Bild 8) die (Ausgleichs-) Schergerade nicht alle Mohr'schen Bruchkreise nur tangieren, sondern auch schneiden oder nicht berühren. Die in situ immer vorhandenen Inhomogenitäten des Materials Boden sind größer als bei jedem

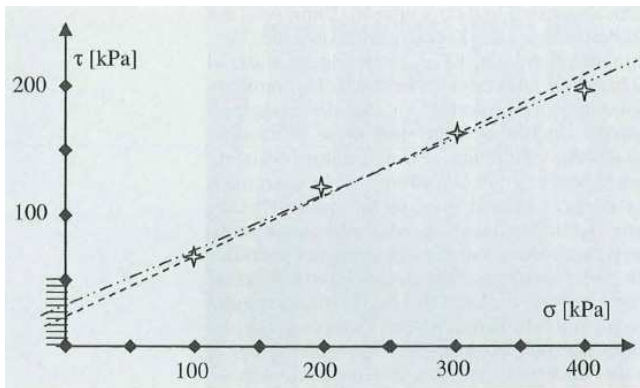


Bild 7: Vergleich zweier Ausgleichsgeraden durch vier Teilversuche eines direkten Scherversuchs.

anderen Baumaterial. Sie führen unvermeidlich zu Streuungen der Versuchsergebnisse, auch bei tadelloser Behandlung der Bodenproben. Gerade deshalb gilt wiederum, dass die Probennahme mit höchster Sorgfalt durchgeführt werden muss, um noch größere Unsicherheiten zu verhindern. Das Diagramm zeigt, dass sich insbesondere die Werte für die Kohäsion bei nur geringer Änderung der Geradenneigung stark verändern (im Beispiel in dem Bild 7 von 20 auf 30 kPa). Diesem Effekt wurde in der früheren Normung mit einem höheren Sicherheitsbeiwert als für den Reibungswinkel Rechnung getragen. In der neuen Normung entfällt dieser Unterschied, sodass hier eine höhere Verantwortung bei der Festlegung des charakteristischen Werts beim geotechnischen Sachverständigen liegt. Die Empfindlichkeit der Ergebnisse geotechnischer Berechnungen auf die letztendlich festgelegten Kennwerte soll an einem Beispiel aus dem Beiblatt zur DIN 4017 gezeigt werden. Die Ergebnisse im Bereich zwischen $\varphi = 30^\circ$ und $\varphi = 35^\circ$ sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Die übliche Abstufung des Reibungswinkels in Schritten von $2,5^\circ$ liefert erhebliche und damit kostenträchtige Unterschiede in der ermittelten Grundbruchlast. Selbst nur 1° Differenz im Reibungswinkel hat deutlich über 10 % Zu- oder Abnahme des Rechenergebnisses zur Folge. Einen ähnlichen Einfluss hat die oben behandelte Variation der Werte für die Kohäsion. Bei der Beurteilung dieses Beispiels muss außerdem berücksichtigt werden, dass das exzentrisch belastete Einzelfundament ideale Randbedingungen hat:

- Die Lasten und ihre Angriffspunkte sind genau definiert.
- Der Grundwasserspiegel ist fixiert.
- Der Boden ist homogen.

In situ finden sich auch hierbei Streuungen.

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

Wie schon erwähnt wurde, muss dem Entwurfsverfasser vor Beginn des Berechnungsgangs klar sein, dass man immer nur mit Modellen arbeiten kann, denn die Vielfalt der Wirklichkeit lässt sich niemals exakt abbilden. Für diese Modelle muss er dann auch die Verantwortung übernehmen:

- Das Modell für die Bodengeometrie.
- Das Modell für die Bodenkennwerte.
- Das Grundwassermodell: Die Festlegung eines Grundwasserspiegels und etwaiger Grundwasserströmungen setzt die ausreichende Kenntnis über die Extremzustände und die Schwankungsbreite voraus, also sind möglichst langzeitige Beobachtungsreihen erforderlich.
- Das Modell für die Lasten: Diese Modellvorstellung findet sich inzwischen auch in der entsprechenden Normung: DIN 1055-100 "Einwirkungen auf Tragwerke – Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln" nennt:
 - Modelle für ständige Einwirkungen (5.2).
 - Modelle für veränderliche Einwirkungen (5.3).
 - Modelle für dynamische Einwirkungen (5.4).
 - Modelle bei Brandeinwirkungen (5.5).
 - Modelle für Umwelteinflüsse (5.6).
- Das Berechnungsmodell.

Die ersten drei Modelle sind wesentlich geprägt von der Qualität der Baugrundaufschlüsse, belegen



Bild 8: Triaxialversuchsstand.

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

Reibungswinkel	Grundbruchwiderstand	Abweichung zu $\varphi=32,5^\circ$
$\Phi=30^\circ$	5880 kN	-28%
$\Phi=32,5^\circ$	8109 kN	
$\Phi=33,5^\circ$	9254 kN	+14%
$\Phi=35^\circ$	11329 kN	+40%

Tabelle 1: Die Grundbruchwiderstände in Abhängigkeit vom Reibungswinkel φ .

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen.
Felsbau-Magazin 5 (2011), S. 329-335.

S. 335

also den hohen Anspruch, der an diese gestellt werden muss.

Als Konsequenz ergibt sich die Forderung, dass der Aufsteller von erdstatischen Berechnungen alle diese Einflussfaktoren kennen sollte und die Wichtigkeit guter Aufschlüsse und ihrer Weiterbehandlung nicht genug betont werden kann. Diese Erkenntnis hat sich erstmalig (und endlich!) auch in der Normung durchgesetzt, sodass in der Euronorm (EN 1997-1 2.4.1(2)) betont wird - und dies ist ein geradezu revolutionäres Novum in einer Norm:

"Es sollte berücksichtigt werden, dass die Kenntnis der Baugrundverhältnisse vom Umfang und von der Güte der Baugrunduntersuchungen abhängt. Deren Kenntnis und die Überwachung der Bauarbeiten sind im Allgemeinen wichtiger für die Einhaltung der grundsätzlichen Anforderungen als die Genauigkeit der Rechenmodelle und Teilsicherheitsbeiwerte."

Nachsatz

Im November 2010 ist die neue DIN 4020 erschienen, die in das neue europäische Normensystem eingepasst ist. Die Aussagen in DIN 4020 (2003-09) finden sich nun zum Teil in EN 1997-1, EN 1997-2 und DIN 4020 (2010-11). Da zur Zeit noch keine Erfahrungen mit den neuen Normen vorliegen, wurde in den obigen Ausführungen auf die DIN 4020 (2003-09) Bezug genommen.

Literatur

[1] Heibaum, M.: Informationstransfer bei Baugrunderkundungen. bbr Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau, ISSN: 1611-1478, Jg.: 62, Nr.3, 2011, Seite 16-23, (2011).

[2] DIN 4017 Beiblatt 1 (2006-11): Baugrund Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen- Berechnungsbeispiele.

[3] DIN 4020 (2003-09): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke.

Autorenfassung

Heibaum: Über den Informationstransfer bei Baugrunderkundungen, 2011

[4] DIN 4020 (2010-12): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke- Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2.

[5] EN 1997-1 (2009-09): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik- Teil 1: Allgemeine Regeln.

[6] EN 1997-2 (2010-10): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik- Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.

[7] GruSiBau: Arbeitsausschuss "Sicherheit im Bauwesen": Grundlagen für die Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen. Beuth Verlag, Berlin, (1981)