

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Heibaum, Michael

Fundamentale Sondierung: eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je

Deutsches Ingenieurblatt

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/100657>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Heibaum, Michael (2011): Fundamentale Sondierung: eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je. In: Deutsches Ingenieurblatt 12. S. 26-29.

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.



Autorenfassung

Heibaum: Fundamentale Sondierung. Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je, 2011

Erstveröffentlichung in Deutsches IngenieurBlatt 12(2011), S.26-29.

S. 26

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

Fundamentale Sondierung

Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je

Wo immer weniger Platz zum Bauen ist, muss und wird auf Böden ausgewichen werden, deren Eignung sich erst nach fachgerechter Baugrunderkundung beurteilen lässt. Dabei müssen, damit man eine zutreffende Beurteilung der Baugrundverhältnisse erhalten und das Baugrundrisiko minimieren kann, die Baugrundaufschlüsse hochwertig und umfassend und allen Beteiligten auch bewusst sein, welche Bedeutung diese fundamentale Sondierung und die Proben und deren Verarbeitung für die Zukunft des ganzen Bauwerks haben. Dafür ist aber, wie der folgende Beitrag zeigt, die Kenntnis der verwendeten Modelle und der Möglichkeiten und Grenzen der Versuchstechnik unentbehrlich.

Michael Heibaum

Da fast alle Konstruktionen, aus welchem Material auch immer, in irgendeiner Form auf oder in dem Boden gegründet werden - es sei denn, man wählt schwimmende Bauwerke - gilt stets die Forderung, den Baugrund ausreichend gut zu erkunden, um die notwendige Behandlung des Bodens abschätzen zu können. Andere Baustoffe werden hergestellt und können in ihrer Qualität beeinflusst werden. Den Boden muss man nehmen, wie er ist. Man kann ihn zwar verbessern, aber auch dafür muss man ihn erst kennen. Trotz dieser trivialen Erkenntnis wurde aber bei den Bauvorhaben aller Zeiten und wird auch heute hauptsächlich an der Baugrunderkundung gespart (Abb. 1), obwohl diese Kosten häufig nur einen Bruchteil der Bausumme ausmachen. Die Versäumnisse bei der Baugrunderkundung müssen später durch aufwendige 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 Gründungskonzeptes entschieden wurde, wie zum Beispiel eine monolithische Schleuse aus Stahlbeton oder eine Kanalüberführung aus Stahl. Das aufgehende Bauwerk lässt sich sehr genau kalkulieren, nicht jedoch der Aufwand für die Gründung. Je besser die Kenntnis des Untergrundes und je größer das Wissen um die "Beherrschbarkeit" des Baugrundes, desto genauer ist eine Kalkulation für den notwendigen Gründungsaufwand möglich. Wird er unterschätzt, stei-

Autorenfassung

Heibaum: Fundamentale Sondierung. Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je, 2011

Michael Heilbaum: Fundamentale Sondierung.
Deutsches IngenieurBlatt 12 (2011), S. 26-29.

S. 27



Michael Heilbaum

Dr.-Ing.; Leiter der Abteilung Geotechnik der Bundesanstalt für Wasserbau; Studium des Bauingenieurwesens und Promotum über die Standsicherheit verankerter Baugrubenwände an der TH Darmstadt; Forschung für Erdbau, Uferschutz, Geokunststoffe und Stützwände

gen die Kosten und es beginnt die Diskussion über 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 (2003-09) lieferte eine umfassende Anleitung. Inzwischen gilt DIN EN 1997-2 (2010-10) [2], zu der die neue DIN 4020 (2010-12) [3] Ergänzungen liefert. Wie häufig im Leben weist aber 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 nähern will.
- 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 im Sinne des Vieraugenprinzips 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 Umwelteinflüsse - vor allen anderen Feuchte, Hitze und Frost - später ermittelte Laborergebnisse verfälschen oder zunichte machen.
- Die letzte Station vor den Zahlenwerten für die Bemessung einer Gründung sind die Laborversuche, die ebenfalls mit großer Sorgfalt durchgeführt werden müssen.

Autorenfassung

Heibaum: Fundamentale Sondierung. Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je, 2011

Abstimmung zwischen Auftraggeber, Sachverständigem und Auftragnehmer

Insbesondere bei Bauaufgaben der öffentlichen Hand ergibt sich aufgrund der Aufgabenverteilung, dass die Auftraggeber für die Baugrundaufschlüsse nicht auch die unmittelbaren Empfänger der Leistungen sind. Die Bohr- und Sondierergebnisse werden an das beratende Ingenieurbüro geliefert und erst dessen Auswertung der Baugrundaufschlüsse, das Baugrundgutachten, wird dem Auftraggeber übergeben. Wegen dieser Konstellation ist eine enge Zusammenarbeit und gute gegenseitige Information unerlässlich. Dabei müssen die Planungen für das zu errichtende oder zu ertüchtigende Bauwerk so detailliert bekannt sein, dass vom Baugrundsachverständigen die erforderlichen Baugrunduntersuchungen in ausreichendem Maße festgelegt werden können. 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 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



Abb. 1: Wenn man den Baugrund nicht kennt, kann sich in einigen Jahren oder noch später einiges Unvorhergesehenes ereignen: Kirchturm Suurhusen

Autorenfassung

Heilbaum: Fundamentale Sondierung. Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je, 2011

Michael Heilbaum: Fundamentale Sondierung.
Deutsches IngenieurBlatt 12 (2011), S. 26-29.

S. 28

Kompetenz durchgeführt werden und damit das Baugrundrisiko so klein wie möglich gehalten wird. Eine gute Zusammenarbeit erleichtert auch das Vorgehen, falls die Bohraufsicht Mängel feststellt. Eine erste Aufforderung an die Bohrfirma zum Abstellen der Mängel sollte zunächst mündlich erfolgen, ggf. ein interner schriftlicher Vermerk verfasst werden. 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 formuliert war. 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 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 kann nur dann einigermaßen vernünftig bewertet werden, wenn sie unmittelbar nach der Entnahme noch im Entnahmegesetz begutachtet wird und die Probennahme gezielt beeinflusst wird. Ist die Probe erst einmal in der Kernkiste, sind fünfzig Prozent der Informationen verloren. Dasselbe gilt für Schürfe. Die Bohrfirma soll die Bodenproben, Schichtenverzeichnisse und Sondierergebnisse ohne lange Lagerzeiten der Proben auf der Baustelle an den Gutachter senden. Ist zu befürchten, dass die Bodenproben durch jeden noch so sorgfältig durchgeführten Transport negativ beeinflusst werden können, kann sich die Einrichtung eines Feldlabors lohnen, so dass sensitive Versuche wie die Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes, der einaxialen Druckfestigkeit, der Punktlastfestigkeit unter anderem vor Ort durchgeführt werden können. In-situ-Scherversuche fallen ebenfalls in diese Kategorie. Allerdings müssen hier Aufwand und Nutzen im richtigen Verhältnis stehen.

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 zu-

Autorenfassung

Heibaum: Fundamentale Sondierung. Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je, 2011

treffender Materialkennwerte erweist sich stets, als ein kritischer,

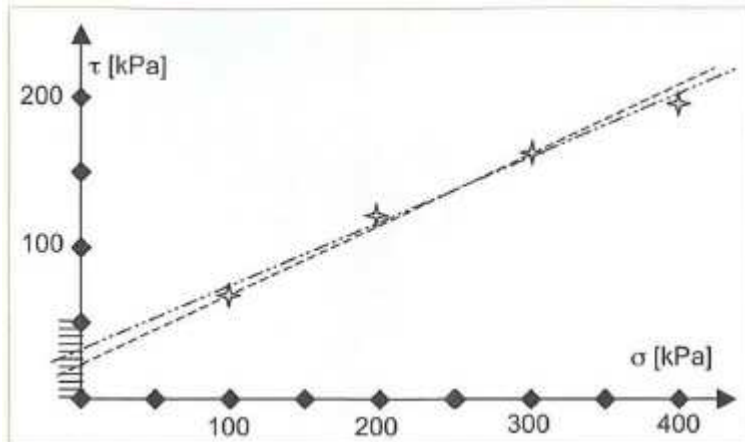


Abb. 2: Vergleich zweier Ausgleichsgeraden durch vier Teilversuche eines direkten Scherversuchs

aber wesentlicher Schritt im Zuge der gesamten Baumaßnahme. Leider werden häufig Baugrunderkenngrößen dem Schrifttum entnommen. Lieber wird weit auf der sicheren Seite liegend gerechnet, als ein zutreffendes und zielgerichtetes Laborprogramm abzuwickeln 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 lässt den bemessenden Ingenieur das Gefühl verlieren, an welchen Stellen Sicherheitszuschläge sinnvoll sind und wo sie nur vertuernd, aber nicht verbessernd wirken. Alle Details eines Baugrundes zu erfassen, ist unmöglich. Die wesentliche Aufgabe besteht nun darin, aus den gewonnenen Informationen ein Baugrundmodell zu erstellen, das einerseits zu wirtschaftlicher Bauausführung, andererseits zur sicheren Dimensionierung führt. Die Modellbildung für das Material des Bodens und seine Geometrie ist also ein wesentlicher Schritt, bevor die erste Berechnung überhaupt durchgeführt wird [4]. Sie erfordert die Erfahrung des Gutachters und die Verlässlichkeit der Aufschlussinformation, weshalb ein entsprechender Aufwand gerechtfertigt ist.

Laborversuche und deren Auswertung

Wenn es gelungen ist, ein Aufschlussprogramm mit guten Ergebnissen abzuschließen, bleibt die Auswertung im Labor. Dabei ist die Erkenntnis zu berücksichtigen, 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

Autorenfassung

Heilbaum: Fundamentale Sondierung. Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je, 2011

der Bodenprobe, beziehungsweise der daraus gewonnenen Laborwerte. Die Problematik der Auswertung von Versuchen soll beispielhaft an dem Scherdiagramm eines direkten Scherversuchs gezeigt werden (Abb. 2). Der geotechnische Sachverständige wird 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. Die in situ immer vorhandenen Inhomogenitäten des Materials Boden sind größer als bei jedem anderen Baumaterial. 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 auf Abb. 2 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, so dass hier eine höhere Verantwortung bei der Festlegung des charakteristischen Wertes beim geotechnischen Sachverständigen liegt. Die Empfindlichkeit der Ergebnisse geotechnischer Berechnungen auf die letztendlich festgelegten Kennwerte mögen die Ergebnisse eines außermittig und schräg belasteten Einzelfundamentes auf homogenem Baugrund zeigen, wenn der Reibungswinkel zwischen $\varphi = 30^\circ$ und $\varphi = 35^\circ$ variiert wird (Abb. 3). Die übliche Abstufung des Reibungswinkels in Schritten von 2,5° liefert erhebliche und damit kostenträchtige Unterschiede in der ermittelten Grundbruchlast. Selbst nur ein Grad Differenz im Reibungs-

Michael Heilbaum: Fundamentale Sondierung.
Deutsches Ingenieurblatt 12 (2011), S. 26-29.

S. 29

winkel hat deutlich über zehn Prozent Zu- oder Abnahme des Rechenergebnisses zur Folge. Einen ähnlichen Einfluss hat die Variation der Werte für die Kohäsion.

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

Abb. 3: Die Abstufung des Reibungswinkels in Schritten von 2,5 Grad liefert erhebliche und damit kostenträchtige Unterschiede in der ermittelten Grundbruchlast

Modellbildung

Wie schon erwähnt wurde, muss dem Entwurfsverfasser vor Beginn des Berechnungsganges klar sein, dass er 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,

Autorenfassung

Heibaum: Fundamentale Sondierung. Eine fachgerechte und umfassende Baugrunderkundung tut in Zukunft dringender not denn je, 2011

- 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.
Hinweise auf die Notwendigkeit der Modellbildung finden sich inzwischen auch in der entsprechenden Normung (DIN 1055-100 [5]):
- Modelle für ständige Einwirkungen,
- Modelle für veränderliche Einwirkungen,
- Modelle für dynamische Einwirkungen,
- Modelle bei Brandeinwirkungen,
- Modelle für Umwelteinflüsse,
- Das Berechnungsmodell.

Die ersten drei Modelle sind wesentlich geprägt von der Qualität der Baugrundaufschlüsse, belegen 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, so dass in der Euronorm (EN 1997-12.4.1(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.

Literatur

[1] DIN 4020 12003-091 : Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

[2] DIN EN 1997-2:2010-101 : Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

[3] DIN 4020 12010-121: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2

[4] Heeling, A. : Vom Aufschluss zum Baugrundmodell. bbr, Heft 10-2011 S. 32-37

[5] DIN 1055-100 12001-031 : Einwirkungen auf Tragwerke - Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln

DIN EN 1997-1 12009-091: Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln

DIN 401712006-111 Beiblatt: Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen - Berechnungsbeispiele