Planung von Baugrunderkundungen

Dipl.-Geol. Anne Heeling
Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstr. 157, 22559 Hamburg,
Telefon (040) 81908-367, E-Mail: anne.heeling@baw.de

Zusammenfassung

Anhand eines fiktiven Beispiels – der Ausbau eines Kanals, bestehend aus einer Vertiefung, einer Verbreiterung sowie der Verlängerung einer existierenden Liegestelle – wird die Planung einer Baugrunderkundung auf Grundlage der DIN 4020 und der DIN EN 1992-2 bzw. der EAU erläutert: Zunächst wird die Aufgabenstellung spezifiziert und daraus die generellen Anforderungen an die Baugrunderkundung abgeleitet. Eine Sichtung vorhandener Altunterlagen führt zu einem ersten Baugrundmodell. Auf der Grundlage dieser Vorarbeiten kann dann das eigentliche Erkundungsprogramm bzgl. Anzahl und Lage der Aufschlüsse, Methodik und Aufschlusstiefe festgelegt werden.

Grundlage für die Planung von Baugrunduntersuchungen ist die DIN EN 1997-2 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds“ (Oktober 2010) in Kombination mit der DIN EN 1997-1 „Teil 1: Allgemeine Regeln“, (September 2009), dem Nationalen Anhang DIN EN 1997-2/NA und der DIN 4020 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2“ (Dezember 2010).
Im April 2011 erscheint ein DIN-autorisiertes Handbuch, das die o.g. Normen zusammenfasst.

1 Das Projekt: Ausbau eines Kanals

Die Planung einer Baugrunduntersuchung wird am Beispiel eines Kanalausbaus erläutert. Der Kanal sei ungedichtet, ein Teil des Kanalufers ist mit einer unverankerten Spundwand als Liegestelle ausgebaut.

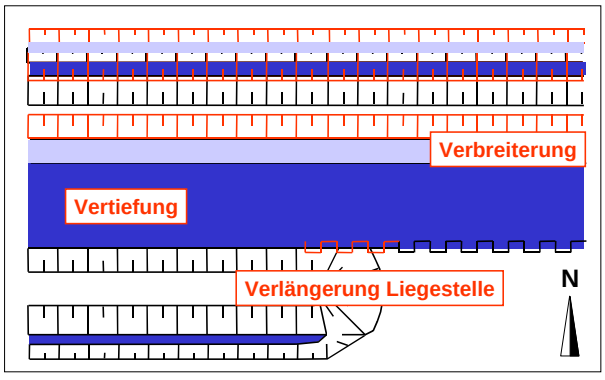


Bild 1: Projekt Kanalausbau. Draufsicht

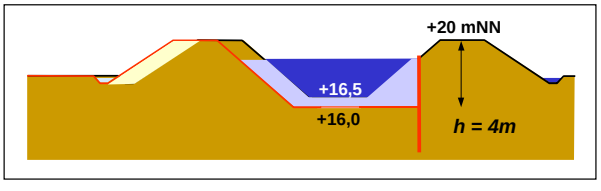


Bild 2: Projekt Kanalausbau. Querschnitt

Folgende Maßnahmen sind geplant (Bilder 1 und 2):

- Der Kanal wird vertieft.
- Durch Rückverlegung des nördlichen Seitendammes wird der Kanal verbreitert.
- Die vorhandene Liegestelle wird verlängert.

2 Vorarbeiten

2.1 Notwendigkeit von Baugrunderkundungen

Nach Abs. 2.1.2 der DIN EN 1997-2 müssen die Baugrunduntersuchungen (d.h. Baugrunderkundung und Laborversuche) *eine Beschreibung der Untergrundverhältnisse liefern, die für die vorgesehene Baumaßnahme maßgebend sind, und eine Grundlage für die Festlegung der geotechnischen Kennwerte eröffnen, die für alle Bauzustände maßgebend sind.*

Der explizite Bezug auf „die vorgesehene Baumaßnahme“ bedeutet, dass ein vorliegendes Altgutachten, das zwar für den gleichen Kanalabschnitt, aber für eine andere Fragestellung oder für einen früheren Planungsstand aufgestellt wurde, für die aktuelle Bauaufgabe wahrscheinlich nicht ausreicht.

Art und Umfang der Baugrunderkundung sowie die Notwendigkeit der Einschaltung eines Sachverständigen für Geotechnik hängen neben der eigentlichen Aufgabenstellung auch vom Bearbeitungsstand des Projektes (Vor- oder Hauptuntersuchung) sowie von der Komplexität von Bauwerk und Baugrund, d.h. von der Geotechnischen Kategorie, ab.

2.2 Geotechnische Kategorien

Die Europäische Norm DIN EN 1997-1, Abs. 2.1, erlaubt die Einstufung eines Bauwerkes in eine „Geotechnische Kategorie“ (GK) 1 bis 3, und die DIN 4020, Abs. A2.2.2, fordert für Deutschland solch eine Einstufung

vor Beginn der geotechnischen Untersuchung sowie eine Anpassung mit fortschreitendem Kenntnisstand. Eine Definition der Geotechnischen Kategorien ist der DIN 1054:2010-12, Abs. A2.1.2, zu entnehmen:

- GK1: Baumaßnahmen mit geringem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf Bauwerk und Untergrund; Einschaltung eines Geotechnischen Sachverständigen nicht zwingend erforderlich
- GK2: Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund; Einschaltung eines Geotechnischen Sachverständigen und Erstellung eines geotechnischen Berichtes erforderlich
- GK3 Baumaßnahmen mit hohem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund; Einschaltung eines Geotechnischen Sachverständigen und Erstellung eines Geotechnischen Berichtes erforderlich; Untersuchungen nach „anspruchsvolleren Vorgaben und Regeln“ als den in den o.g. Normen genannten

Im informativen Anhang AA der DIN 4020 findet sich die Tabelle AA.1 „Beispiele für Merkmale zur Einstufung in die geotechnischen Kategorien“ unterteilt u.a. nach den Kriterien Baugrund, Grundwasser, Bauwerk, Baumaßnahmen und -verfahren

Das Beispielprojekt wäre in die GK2 einzuordnen.

2.3 Abfolge der Baugrunduntersuchungen

Für Baumaßnahmen der GK2- und GK3-Bauwerke sollten die Baugrunduntersuchungen in Etappen durchgeführt werden (DIN EN 1997-2, s. Abs. 2.2ff):

- *Voruntersuchungen für Lage und Vorentwurf für das Bauwerk (siehe 2.3);*
- *Hauptuntersuchungen (siehe 2.4);*
- *Kontrolluntersuchungen und baubegleitende Messungen (siehe 2.5).*

(Abs. 2.3 (2)) *Eine Voruntersuchung des Baugrunds sollte eine Einschätzung des Baugrunds zu folgenden Punkten liefern, sofern sie von Bedeutung sind:*

- *Boden- und Felsart und ihrer Schichtung;*
- *Grundwasserspiegel oder dem Profil des Porenwasserdruckes;*
- *vorläufige Angaben zu den Festigkeits- und Verformungseigenschaften von Boden und Fels;*
- ….

Falls die Informationen aus der Voruntersuchung nicht ausreichen, sind im Rahmen der Hauptuntersuchung ergänzende Untersuchungen durchzuführen.

Für Baumaßnahmen der GK1 wird nicht in Vor- und Hauptuntersuchung unterschieden. Hier reichen entspr. DIN 4020, Abs. A2.2.3, folgende Maßnahmen

- *Einholung von Informationen über die allgemeinen Baugrundverhältnisse und die örtlichen Bauerfahrungen der Nachbarschaft;*
- *Erkunden der Bodenarten bzw. Gesteinsarten und ihrer Schichtung;*
- *Abschätzen der Grundwasserverhältnisse vor, während und nach der Bauausführung;*
- *Besichtigen der ausgehobenen Baugrube.*

2.4 Spezifizierung der Aufgabenstellung

Der nächste Schritt bei der Planung einer Baugrunderkundung besteht in der Spezifizierung der Aufgabenstellung.

Für das Beispielprojekt könnte die Spezifizierung wie folgt aussehen:

- Aus der geplanten Vertiefung ergibt sich die Notwendigkeit einer Beschreibung des zukünftigen Aushubmaterials an der Kanalsohle zur Planung der Baggerarbeiten, zur Klärung der Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials sowie für Massenermittlungen der verschiedenen Bodenarten. Die vorhandene Spundwand und die Dämme müssen nachgerechnet werden.
- Aufgrund der Verbreiterung der Dammstrecke ist es neben der Beschreibung des Aushubmaterials an der zukünftigen wasserseitigen Dammböschung erforderlich, die Grundlagen für eine Standsicherheitsbeurteilung nach dem BAW-Merkblatt *Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen* (MSD) zu liefern. Zu einer Standsicherheitsbeurteilung nach MSD gehören die Berechnung der lokalen und globalen Standsicherheit, die Beurteilung der Sicherheit gegenüber Materialtransport und hydraulischem Grundbruch sowie eine ausreichende Sicherheit beim Nachweis von Querungsbauwerken.
- Die Verlängerung der Liegestelle erfordert eine Bemessung der neuen Spundwand und deren Verankerung. Es sind Angaben über die Rammbarkeit des Baugrundes sowie zur Stahl- und Betonaggressivität des Grundwassers zu machen.

2.5 Anforderungen an Gutachten und Baugrunderkundung

Nach DIN EN 1997, Abs. 2.1.1, sind Geotechnische Untersuchungen *so zu planen, dass die wesentlichen geotechnischen Informationen und Kennwerte mit Sicherheit in den verschiedenen Projektphasen zur Verfügung stehen.* Für das Beispielprojekt bedeutet dies:

- Auf der Grundlage eines in sich stimmigen Baugrundmodells muss der Schichtenverlauf in verschiedenen Schnitten ersichtlich sein.
  - Grundlage der Standsicherheitsbeurteilung der neuen und der vorhandenen Dämme sind Querschnitte sowie jeweils ein Längsschnitt unter der Dammkrone.
  - Ein Längsschnitt in der Kanalachse ermöglicht die Planung der Baggerarbeiten und liefert die Grundlage für Massenabschätzungen.
  - Die Nachrechnung der vorhandenen Spundwand setzt einen Längsschnitt im Hinterfüllungsbereich voraus.
  - Der Bemessung der geplanten Spundwand ist ein Längsschnitt in der zukünftigen Achse zugrunde zu legen.

- Den angetroffenen Böden sind für Standsicherheitsberechnungen charakteristische Bodenkennwerte aus Laborversuchen oder Erfahrungen mit vergleichbaren Böden zuzuordnen. Aus der in situ Festigkeit der Böden können z.B. Aussagen über die Rammbarkeit des Baugrundes getroffen werden. Diese Daten gehen zusammen mit den Ergebnissen von Klassifizierungsversuchen in die Benennung bzw. Klassifizierung der Böden nach DIN EN ISO 14688-1 und 14688-2, DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18311 ein. Solche Angaben wiederum sind z.B. für die Planung der Aushubarbeiten oder zur Beurteilung der Wiederverwendbarkeit der Böden erforderlich.

- Und schließlich sind für die Standsicherheitsbeurteilung der neuen und alten Dämme und Spundwände Aussagen über die Tiefenlage des Grundwassers notwendig. Dazu gehören auch Angaben über die räumliche Lage von grundwasserstauenden und –leitenden Schichten bzw. Schichtpaketen. Die Beurteilung der Stahlaggressivität des Grundwassers erfordert die Analyse einer Grundwasserprobe nach DIN 50929. Die Betonaggressivität ist nach DIN 4030 zu untersuchen.

Folgende Informationen müssen deshalb aus den Baugrundaufschlüssen ableitbar sein bzw. folgende Proben gewonnen werden können:

- der Schichtenaufbau
- in situ Festigkeit
- Bodenproben für Laborversuche
- Tiefenlage des Grundwassers
- Grundwasserproben

3 Sichtung und Bewertung vorhandener Unterlagen

Vor der Festlegung des Erkundungsprogramms besteht die Aufgabe des Geotechnischen Sachverständigen zunächst darin, vorhandene Unterlage in Kenntnis der aktuellen Fragestellungen zu sichten und zu bewerten.

3.1 Allgemeine Unterlagen

Der Sachverständige benötigt für seinen Geotechnischen Bericht für Geotechnik für jede Phase der geotechnischen Untersuchung folgende Unterlagen möglichst in digitaler Form:

- Lageplan mit Angabe der Lage des Bauwerks (einschließlich aller Varianten);
- Grundrisse und Schnitte der Vor- und Entwurfsplanung mit NN-Höhen;
- voraussichtliche Lasten, dynamische und sonstige Einwirkungen;
- beabsichtigte bzw. mögliche Konstruktionsanweisungen;
- Nutzungsweise des Bauwerks.

Für das beschriebene Projekt wäre es zudem sinnvoll, dem Sachverständigen – soweit vorhanden – folgende Unterlagen zu übergeben:

- alle vorhandenen Altgutachten (auch solche von Querungsbauwerken und Anschlussstrecken)
- Informationen über vorhandene Grundwassermessstellen (GK-Koordinaten, NN-Höhen, Schichtenaufbau, GW-Analysen, Ganglinien)
- Kornverteilungen aus Unterhaltungsbaggerungen
- Schadensberichte, Protokolle von Bauwerksinspektionen
- Rammprotokolle der Spundwand, Ergebnisse von Spundwanddickenmessungen
- Luftbilder, Bauwerksfotos
- Karte der im Besitz des Bauherren befindlichen Flächen

... mit anderen Worten: alle das Bauvorhaben betreffenden Unterlagen.

3.2 Unterlagen zum Baugrund

Lt. DIN EN 1997-2, Abs. 2.1.1 sollten vor der Planung des Untersuchungsprogramms *die verfügbaren Informationen und Unterlagen in einer Vorstudie* [ein vorläufiges Baugrundmodell] *bewertet werden.* Solche Informationen können sich beim Bauherren und/oder in Archiven der öffentlichen Hand (Ämter, Universitäten, Bundesanstalten) befinden. Im Internet sind z.B. unter www.infogeo.de die Produkte der Staatlichen Geologischen Dienste Deutschlands abrufbar. Im Archiv des BAW-Referates Geotechnik Nord der Dienststelle Hamburg liegen ca. 3000 Gutachten zu norddeutschen Wasserstraßen vor.

Um aus einer Vielzahl einzelner Altaufschlüsse ein vorläufiges Baugrundmodell zu erstellen, müssen diese zusammenfassend bewertet – d.h. einheitlich interpretiert – werden. Bei komplexen Bauwerken oder Baugrundverhältnissen kann die Sichtung und Bewertung von Altunterlagen eine umfangreiche Arbeit darstellen. Trotzdem ist dieses Vorgehen wirtschaftlich sinnvoll, wenn man bedenkt, dass ein Bohrmeter unter Berücksichtigung aller Kosten (Baustelleneinrichtung, Durchführung der Bohrung, Entnahme von Proben, Transport, Bodenansprache ...) grob geschätzt einen Wert von 100,- € darstellt. In Kenntnis des nach Sichtung dieser Unterlagen erstellten ersten Baugrundmodells kann bei der eigentlichen Baugrunderkundung nicht nur die Anzahl der Aufschlüsse drastisch reduziert werden; wichtiger: die neuen Aufschlüsse können sinnvoller platziert werden.

Die für die Sichtung und Bewertung vorhandener Unterlagen benötigte Zeit sollte deshalb vom zuständigen Amt bei der Planung einer Baugrunderkundung unbedingt einkalkuliert werden.

Für die Beispiel-Baumaßnahme könnte die Sichtung vorhandener Gutachten ergeben haben, dass im Untersuchungsgebiet bereits drei Bohrungen abgeteuft wurden: Danach sei im untersuchten Streckenabschnitt unterhalb einer sandigen Dammaufschüttung grundsätzlich mit Torf über Sand und Geschiebemergel zu rechnen (Bild 3).

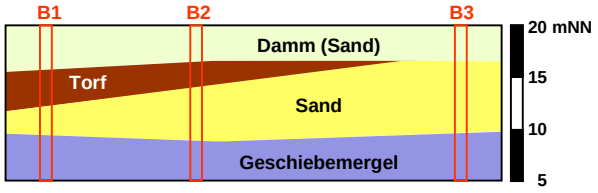


Bild 3: Beispiel Kanalausbau: Erstes Baugrundmodell

4 Planung der Baugrunderkundung

Die Planung der Baugrunderkundung kann nur in Kenntnis

- der spezifizierten Aufgabenstellung,
- der daraus abgeleiteten Anforderungen an das Gutachten und die Baugrunderkundung und
- des vorläufigen Baugrundmodells

erfolgen. Darauf aufbauend sind folgende Festlegungen zu treffen:

- Es ist zu klären, mit welchen Methoden der Baugrund zu erkunden ist (für Felduntersuchungen s. Tab. 2.1 der DIN EN 1997-2).
- Die Lage und Tiefe der Baugrundaufschlüsse ist festzulegen.

4.1 Lage der Baugrundaufschlüsse

Nach DIN EN 1997-2, Abs. 2.4.1.3, müssen die Untersuchungspunkte so angeordnet werden, dass z.B.

- der Schichtenaufbau im Planungsbereich beurteilt werden kann,
- bei Gebäuden oder Bauwerken solche Stellen berücksichtigt werden, die im Hinblick auf die Grundrissform, das Bauwerksverhalten und die erwartete Lastverteilung kritisch sind,
- bei Linienbauwerken ein angemessener Abstand von der Achse untersucht wird,
- an Hängen und Geländesprüngen die Stabilität des Hanges beurteilt werden kann,
- keine Gefahr für das Bauwerk, die Baudurchführung oder die Nachbargrundstücke besteht.

Zum Abstand der Baugrundaufschlüsse gibt der informative Anhang B der DIN EN 1997-2 (der lt. DIN 4020 jedoch für Deutschland normativ ist), folgende Richtwerte an:

- *bei Hoch- und Industriebauten ein Rasterabstand von 15 m bis 40m;*
- *bei großflächigen Bauwerken ein Rasterabstand von nicht mehr als 60 m;*
- *bei Linienbauwerken (...) ein Abstand zwischen 20 m und 200 m.;*
- *bei Sonderbauwerken (z.B. Brücken ...) zwei bis sechs Aufschlüsse je Fundament;*
- *bei Staudämmen und Wehren Abstände zwischen 25 m und 75 m in maßgebenden Schnitten.*

Bei vergleichsweise einheitlichen Baugrundverhältnissen, oder, wenn bekannt ist, dass der Baugrund eine ausreichende Festigkeit und Steifigkeit besitzt, darf ein

größerer Abstand oder eine geringere Anzahl von Aufschlusspunkten angeordnet werden.

Für das Beispielprojekt Kanalausbau können auch die Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen (EAU) bei der Festlegung der Untersuchungspunkte zu Rate herangezogen werden: Die EAU empfiehlt bei generell bekannten Baugrundverhältnissen folgendes Erkundungsprogramm (E1, Abs. 1.2, s. Bild 4):

1. Zunächst erfolgt eine sog. „orientierende Erkundung“ durch Druck- oder Rammsondierungen, um so eine erste grobe Beurteilung der auftretenden Bodenarten zu ermöglichen.
2. Anschließend empfiehlt die EAU Hauptbohrungen längs der Uferkante in einem Abstand von 50 m.
3. In Abhängigkeit vom Ergebnis der Hauptbohrungen werden dann ebenfalls im 50 m Abstand, versetzt zu den Hauptbohrungen, Zwischenbohrungen durchgeführt.
4. Schließlich können bei Bedarf weitere Sondierungen durchgeführt werden.

Solch ein umfangreiches Erkundungsprogramm, bei dem insgesamt ein Raster in einem 25m-Abstand fast vollständig erfüllt wird, wird man i.d.R. nur bei sehr komplexen Baumaßnahmen oder Baugrundverhältnissen durchgehend verwirklichen.

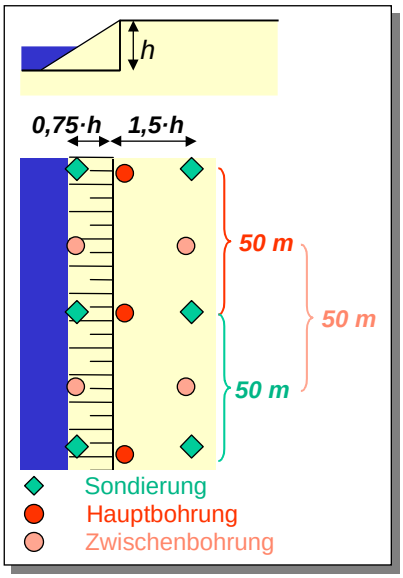


Bild 4: EAU: Lage von Aufschlussansatzpunkten

Die Ausführungen der DIN EN 1997-2, der DIN 4020 und der EAU können nur einen Anhaltspunkt für die Wahl der Ansatzpunkte bieten. Bei einem realen Projekt wird man die Aufschlussansatzpunkte i.d.R. nicht festlegen, indem man ein gleichmäßiges Raster über das Untersuchungsgebiet legt.

Für das Beispielprojekt könnte man wie folgt vorgehen (Bild 5):

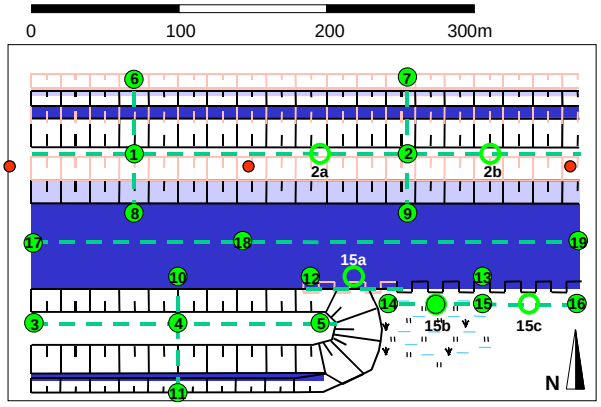


Bild 5: Beispiel Kanalausbau:
Lage der Aufschlussansatzpunkte

1. Im Gutachten sollen Längs- und Querschnitte erstellt werden (grün gestrichelte Linien in Bild 5). Dazu müssen Baugrundaufschlüsse auf bzw. nahe dieser Achsen abgeteuft werden. Bisher liegen drei Altbohrungen auf der Dammkrone der Kanalnordseite im Abstand von ca. 150 m bzw. 200 m vor (rote Punkte in Bild 5). In Anbetracht der einfachen Baugrundverhältnisse reicht es zunächst aus, längs der Dammkronen den Abstand durch jeweils einen Zwischenaufschluss auf ca. 75 m – 100 m zu verringern (Aufschlüsse 1 bis 5 in Bild 5).

2. Für spätere Standsicherheitsberechnungen ist die seitliche Ausdehnung der Torfschicht von Interesse. Deshalb würde man in Abhängigkeit davon, ob im Aufschluss 2 Torf angetroffen wird oder nicht, einen weiteren Aufschluss westlich oder östlich einfügen (Aufschlüsse 2a und 2b).

3. Desweiteren werden Aufschlüsse an den Enden der Querprofile erforderlich (Aufschlüsse 6 – 11).

4. Für die Bemessung bzw. die Nachrechnung der Spundwände sollte selbst bei einfachem Baugrund ein Aufschlussabstand längs der Achsen von 50 m nicht überschritten werden. In Abhängigkeit von den Ergebnissen der Aufschlüsse 12 bis 16 kann eine weitere Verdichtung der Aufschlüsse notwendig werden (wenn z.B. eine stark in ihrer Höhenlage schwankende Geschiebemergeloberfläche angetroffen wurde: Aufschlüsse 15a bis 15c).

5. Und schließlich sind noch Aufschlüsse in der Kanalachse erforderlich (Aufschlüsse 17 bis 19). Hier darf ein größerer Erkundungsabstand gewählt werden, da an den wasserseitigen Endpunkten der Querprofile weitere Aufschlüsse vorliegen, deren Ergebnisse später auf die Profillinie projiziert werden können.

6. Diese erste Planung ist nun zu hinterfragen:
   - Sofern dadurch die Aussagekraft der Baugrundaufschlüsse nicht infrage gestellt wird, können einzelne Ansatzpunkte so verschoben werden, dass möglichst wenige Fremdgrundstücke betreten werden müssen und damit das Gros der Erkundung auf Bauherren-eigenen Flächen erfolgt.
   - Ein erster Eindruck bzgl. der Zugänglichkeit des Geländes liefern Luftbilder; eine Ortsbesichtigung bleibt aber unbedingt erforderlich (s. DIN EN 1997-2, Abs. 2.1.1).
   - Aus der Topografischen Karte kann z.B. die Lage von Vernässungszonen ermittelt werden. Evtl. muss hier der Aufschlussabstand weiter verringert werden, da im Untergrund dort mit Weichschichten zu rechnen ist (s. Aufschluss 15b).

4.2 Methodik

Baugrundaufschlüsse sind nach DIN 4020, Abs. A.1.5.3.20, *Mittel und Maßnahmen zur Feststellung von Art, Aufbau und Verbreitung des anstehenden Bodens und Fels, der Grundwasserverhältnisse.* Die Tabelle 2.1 der DIN 1997-2 listet Verfahren für Felduntersuchungen und deren Anwendbarkeit auf, die in Europa gebräuchlich sind.

Allgemein wird in „direkte“ und „indirekte“ Aufschlüsse unterschieden:

- Unter „direkten Aufschlüssen“ versteht man nach DIN 4020, Abs. A1.5.3.21, *natürliche und künstliche Aufschlüsse, die eine Besichtigung von Boden und Fels, die Entnahme von Boden- und Felsproben, sowie die Durchführung von Feldversuchen ermöglichen.* Zu den direkten Aufschlüssen gehören
  - vorhandene Aufschlüsse im Gelände (z.B. Straßeneinschnitte, Kiesgruben),
  - Schürfe und
  - Bohrungen.

  Baumaßnahmen der GK2 und GK3 erfordern direkte Aufschlüsse.

- Bei den „indirekten Aufschlüssen“ handelt es sich nach Abs. A1.5.3.22 der DIN 4020 um *Aufschlüsse, die durch Korrelation zwischen physikalischen Messgrößen und boden- bzw. felsmechanischen Kenngrößen Rückschlüsse auf den Baugrund ermöglichen, wie z.B. Sondierungen und geophysikalische Verfahren.*
  Alle indirekten Verfahren erfordern zusätzlich sog. „Schlüsselbohrungen“, das sind nach DIN 4020, Abs. A1.5.3.23, *Bohrungen zur Auswertung und Interpretation indirekter Aufschlüsse*.

Die Baugrundaufschlüsse für das Projekt Kanalausbau sollen Informationen zum Schichtenaufbau, zur Tiefenlage des Grundwassers sowie zur in situ Festigkeit liefern. Zudem sollen Boden- und Grundwasserproben genommen werden können.

- Der Schichtenaufbau wird in erster Linie aus Bohrungen ermittelt, lässt sich aber auch aus Drucksondierungen ableiten.
- Aussagen über die in situ Festigkeit erfordern Sondierungen.
- Eine Entnahme von Bodenproben ist nur bei direkten Aufschlüssen, i.d.R. aus Bohrungen, möglich. Für die Gewinnung von Grundwasserproben sollte die Bohrung zudem als (temporäre) Grundwassermessstelle ausgebaut werden.

Für das Beispielprojekt werden also grundsätzlich sowohl Bohrungen als auch Sondierungen benötigt:

- Längs der geplanten Profillinien sind für die spätere Gutachtenerstellung Informationen zum Schichtenaufbau erforderlich, d.h. hier sind Bohrungen nach DIN 22475–1 oder Drucksondierungen nach DIN 4094–1 möglich. Drucksondierungen sind wirtschaftlicher und sollten überall dort durchgeführt werden, wo keine Bodenproben benötigt werden und sich - wie hier - die zu erwartenden Schichten gut im Sondierdiagramm unterscheiden lassen. Deshalb ist in jedem Schnitt ein Bohrung/Drucksondier-Paar erforderlich, wobei die Bohrung als Schlüsselbohrung dient. Die übrigen Landaufschlüsse können dann als Drucksondierungen ausgeführt werden.

- Die Aufschlüsse im Wasser sollten als Bohrungen ausgeführt werden, um in jedem Dammquerschnitt über mindestens einen direkten Aufschluss als Schlüsselbohrung zu verfügen und um Bodenproben zur Klassifizierung des Aushubmaterials zu erhalten.

- Zur Ermittlung der Anfangsscherfestigkeit der breiigen bis weichen Böden an der Gewässersohle dienen Flügelsondierungen nach DIN 4094–4.

- Um die Höhe des Grundwasserspiegels sicher feststellen zu können und zur Entnahme von Wasserproben ist eine Bohrung nahe der Spundwand als temporäre Grundwassermessstelle auszubauen. Die Wasserproben werden an ein chemisches Institut zur Bestimmung der Stahlaggressivität nach DIN 50929 weitergegeben.

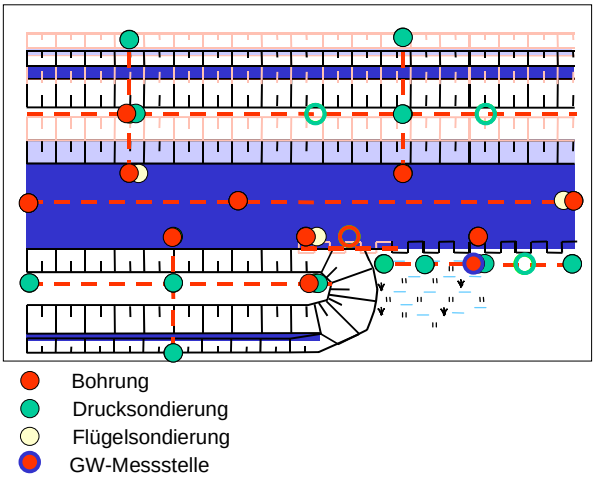


Bild 6: Beispiel Kanalausbau:
Methodik der Baugrundaufschlüsse

4.3 Aufschlusstiefe

Allgemein schreibt die DIN 1997-2 in Abs. 2.4.1.3:

Die Untersuchungstiefe ist auf alle Schichten auszudehnen, die das Bauvorhaben beeinflussen oder durch das Bauwerk beeinflusst werden. Bei Dämmen, Wehren, Baugruben unter dem Grundwasserspiegel und wenn eine Wasserhaltung erforderlich ist, ist die Untersuchungstiefe auch in Bezug zu den hydrologischen Verhältnissen zu wählen. Hänge und Geländesprünge sind bis unterhalb von möglichen Gleitflächen zu erkunden.

Der informelle Anhang B3 der DIN EN 1997-2 dient zur Orientierung bei der Festlegung der Untersuchungstiefen. Beispiele:

- Bei einem Damm sollte die Teufe unterhalb der Dammsohle etwa der Höhe des Geländesprungs entsprechen, mindestens aber 6 m betragen (Bild 7):

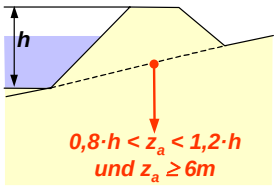


Bild 7: DIN EN 1997-2, Anhang B3:
Aufschlusstiefe z_a für einen Damm

- Für einen Einschnitt empfiehlt die DIN das 0,4-fache des Geländesprungs, mindestens aber 2 m (Bild 8):

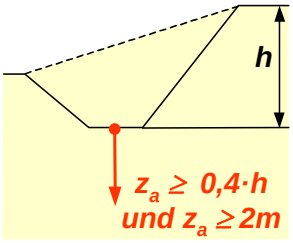


Bild 8: DIN EN 1997-2, Anhang B3:
Aufschlusstiefe z_a für einen Einschnitt

- Für die Baugrunderkundung zur Bemessung bzw. Nachrechnung einer Dichtwand, sollte der Aufschluss bis mindestens 2 m unter die Oberfläche des Grundwassernichtleiters abgeteuft werden (Bild 9):

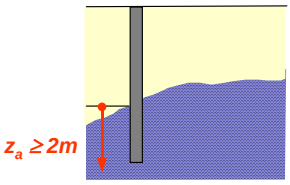


Bild 9: DIN EN 1997-2, Anhang B3:
Aufschlusstiefe z_a für eine Dichtwand

Darüber hinaus werden im Anhang B3 der DIN EN 1997-2 noch weitere Beispiele für unterschiedliche Bauwerke aufgeführt.

Während die DIN EN 1997-2 als Bezugsebene die Bauwerks- oder Bauteil-Unterkante wählt, empfiehlt die EAU, ausgehend von der Bauwerksoberkante, als Aufschlusstiefe z_a die doppelte Höhe des Geländesprungs (Bild 10):

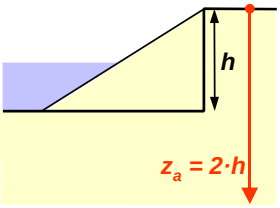


Bild 10: EAU: Aufschlusstiefe z_a zur Erkundung einer Ufereinfassung

Für das Beispielprojekt folgt daraus (s. Bild 11)

- im Bereich der vorhandenen und der geplanten Spundwände eine Endteufe von +7 mNN, da in den vorliegenden Altbohrungen die Oberkante des als Einbindehorizont geeigneten Geschiebemergels oberhalb von +9,5 mNN angetroffen wurde (s. Bild 3) und die Aufschlüsse mindestens 2 m in diese Schicht abzuteufen sind.

- Die Festlegung der Endteufe für die Aufschlüsse im Bereich der Kanalseitendämme erfolgt anhand der Bauwerksgeometrie: Nach einer Kanalvertiefung um 0,5 m wird der zukünftige Geländesprung 4 m betragen (s. Bild 2). In Anlehnung an die EAU sollte die Aufschlussteufe damit 2 · 4 m = 8 m betragen, d.h. die Endteufe bei +20 mNN – 8 m = +12 mNN liegen.

- Für die Wasserbohrungen in der Kanalachse, die hauptsächlich der Gewinnung von Proben zur Klassifizierung des Aushubmaterials dienen, reicht eine Aufschlussteufe von 2 m unter zukünftiger Kanalsohle aus, d.h. +14 mNN (s. Bild 2).

- Für die geplanten Flügelsondierungen erübrigt sich die Angabe einer Endteufe: sie werden durchgeführt, solange ab Gewässersohle bindige oder organische Böden breiiger bis weicher Konsistenz angetroffen werden.

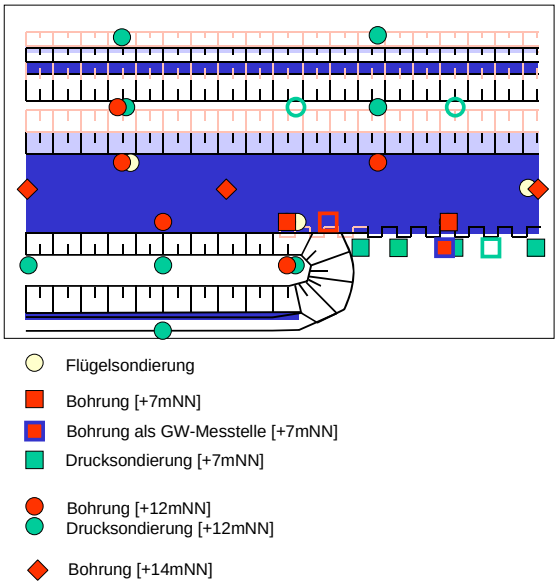


Bild 11: Beispiel Kanalausbau:
Lage der Bohr- und Sondieransatzpunkte

5 Weitere Zusammenarbeit Bauherr / Geotechnischer Sachverständiger

Bild 11 zeigt die zeichnerische Darstellung des Erkundungsprogrammes für den Kanalausbau, die das planende Amt zusammen mit Hinweisen für die Ausschreibung der Baugrunderkundung vom Geotechnischen Sachverständigen erhält. An dieser Stelle sollte das Erkundungsprogramm noch einmal kritisch hinterfragt werden:

- Kann das Erkundungsprogramm die aktuelle Fragestellung beantworten? **Der Geotechnische Sachverständige ist über jede Planungsänderung seitens des Bauherren unmittelbar zu informieren!**

- Sind die Bohr- und Sondieransatzpunkte für das benötigte Gerät tatsächlich zugänglich? Dies sollte spätestens jetzt im Rahmen einer gemeinsamen Ortsbegehung geklärt werden.

Literatur, Normen und Merkblätter

ARBEITSAUSSCHUSS „UFEREINFASSUNGEN“ DER HTG UND DER DGGT (2004): Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“. Häfen und Wasserstraßen. EAU 2004. 10. Aufl., Ernst & Sohn, Berlin

BAW (2005): Merkblatt: Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD).

DIN 1054 (12 / 2010): Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997–1.

DIN EN 1997–1 (09 / 2009): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009

DIN EN 1997–2 (10 / 2010): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010

DIN EN 1997–2/NA (12 / 2010): Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 7: Entwurf Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.

DIN 4020 (12 / 2010): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997–2.

DIN EN ISO 14 688–1 (01 / 2003): Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden. Teil 1: Benennung und Beschreibung.

DIN EN ISO 14 688–2 (11 / 2004): Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden. Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen.

DIN 4030–2 (06 / 2008): Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase. Teil 2: Entnahme und Beurteilung von wasser- und Bodenproben.

DIN 4094–1 (06 / 2002): Baugrund. Felduntersuchungen. Drucksondierungen.

DIN 4094–4 (01 / 2002): Baugrund. Felduntersuchungen. Flügelscherversuche.

DIN 18 196 (06 / 2006): Erd- und Grundbau. Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.

DIN 18 300 (04 / 2010): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen. Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Erdarbeiten.

DIN 18 311 (04 / 2010): VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen. Teil C. Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV). Nassbaggerarbeiten.

DIN EN ISO 22475–1: (01 / 2007): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Aufschluss- und Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung.

DIN 50 929–1 (09 / 1985): Korrosion der Metalle. Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung. Teil 1: Allgemeines.

Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung
(04 / 2011). Band 1: Allgemeine Regeln. Band 2: Erkundung und Untersuchung
vom DIN autorisierte konsolidierte Fassung