



Diplomarbeit

Untersuchungen zur Standsicherheit einer tiefen Baugrube

Julia Brauer

geboren am 04.04.1986 in Magdeburg

Einleitung

Zunehmend wird in den Städten durch den Mangel an Baugrund in die Tiefe gebaut, wobei große Baugrubentiefen gesichert werden müssen. An diese Baugrubenkonstruktionen werden hohe Anforderungen bezüglich Standsicherheit, zulässiger Verformungen und Wirtschaftlichkeit gestellt. Oft reichen tiefe Baugruben bis in den Bereich des Grundwassers, was zusätzlich Standsicherheitsnachweise gegen hydraulischen Grundbruch bzw. Aufschwimmen notwendig macht.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit Untersuchungen zu Standsicherheit und Verformungen anhand einer erdachten Baugrube mit den geologischen Randbedingungen der Stadt Köln nahe des Rheinufers (siehe Abb. 1).

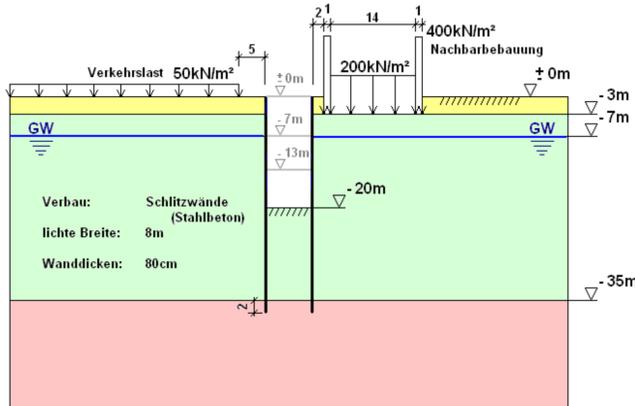


Abb. 1: Querschnitt der Beispielbaugrube

Die betrachtete Baugrube

Untersucht wurde eine Baugrube mit 20 Metern Tiefe und 8 Metern Breite, die durch 80cm starke Schlitzwände gesichert wird. Ausgesteift wird sie durch zwei Zwischendecken und einen Deckel aus Stahlbeton. Neben der Baugrube befinden sich eine Verkehrsflächen und ein mehrstöckiges, unterkellertes Gebäude – jeweils durch entsprechende Lasten im Querschnitt dargestellt.

Der Baugrund besteht aus drei Bodenschichten die für Köln typisch sind. Für die Arbeit lag ein Baugrundgutachten aus Köln vor, aus dem Bodenparameter der einzelnen Schichten entnommen werden konnten. Bis in 3 Metern Tiefe befinden sich anthropogene Auffüllungen aus Schutt und den jeweiligen Oberflächenbefestigungen. Darunter stehen mächtige, kiesige Terrassensedimente des Rheins bis in 35 Metern Tiefe an. Bei der unteren Schicht handelt es sich um bis in große Tiefen reichende Feinsande. Die Baugrubenwände binden 2 Meter weit in diese, vergleichsweise undurchlässige Schicht ein.

Der Grundwasserspiegel befindet sich auf einem hohen Niveau 7 Meter unterhalb der Geländeoberfläche. Bei Hochwasser im Rhein kann sich der genannte Grundwasserspiegel ufernah ausbilden.

Durchgeführte Berechnungen

An diesem Baugrubenquerschnitt wurden

- Standsicherheitsuntersuchungen am Erdwiderlager,
- Verformungsberechnungen und
- Betrachtungen zu hydraulischem Grundbruch

mit klassischen und numerischen Verfahren durchgeführt. Auszugsweise werden im Folgenden die Betrachtungen zum Nachweis des Erdwiderlagers und des hydraulischen Grundbruchs vorgestellt.

Standsicherheit des Erdwiderlagers

Der Nachweis gegen das Versagen des Erdwiderlagers wurde mit dem Programm GGU RETAIN unter Annahme einer teilweise eingespannten Wand und mit dem Ansatz einer nichtlinearen Bettung für die rechte Baugrubenwand geführt.

Teilweise eingespannte Wand

Da die gewählte Einbindetiefe von 17 Metern zwischen den erforderlichen Tiefen für die statischen Systeme „freie Auflagerung“ und „volle Einspannung“ (siehe Abb. 2) liegt, wurde für die Beispielbaugrube eine Einspannung zu 94% ermittelt.

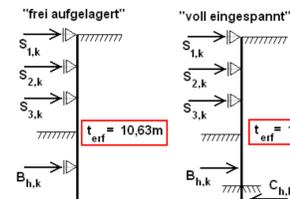


Abb. 2: die statischen Systeme „freie Auflagerung“ und „volle Einspannung“ mit den erforderlichen Einbindetiefen

Nichtlineare Bettung am Erdwiderlager

Beim Bettungsansatz wird davon ausgegangen, dass ab einer bestimmten Grenztiefe der volle passive Erddruck, sondern der Erdruchdruck anzusetzen ist. Die über den Erdruchdruck hinausgehenden Bodenreaktionen werden in Form einer nichtlinearen, verformungsabhängigen Bettung erfasst, die von *Besler* eingeführt wurde.

Der nachzuweisende Erdwiderstand ergibt sich dann aus dem Erdruchdruck und der darüber hinaus mobilisierten Bettungsspannung.

Vergleichsberechnung mit dem FE-Programm PLAXIS

Neben den Berechnungen mit GGU RETAIN wurde einmal der Baugrubenquerschnitt komplett und einmal die rechte Wand einzeln stehend in PLAXIS modelliert und berechnet.

Ergebnisse der Berechnungen

Der Nachweis des Erdwiderlagers mit teilweise eingespannter Wand ergab einen Ausnutzungsgrad von 88%, während mit Ansatz der nichtlinearen Bettung die Standsicherheit mit $\mu = 0,79$ nachgewiesen werden konnte. Abb. 3 zeigt die mit Bettungsansatz und FEM ermittelten Verteilungen des mobilisierten Erddrucks am Erdwiderlager der rechten Wand.

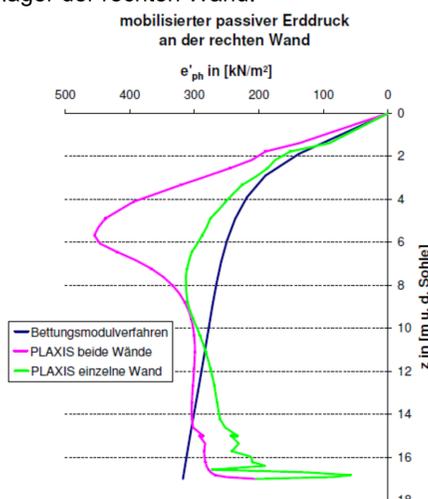


Abb. 3: mobilisierter Erddruck am rechten Erdwiderlager aus den Berechnungen mit Bettungsansatz und den FE-Berechnungen am ganzen Querschnitt und an der einzeln stehenden Wand

Die Berechnungen mit Bettung und FEM an der einzelnen Wand liefern vergleichbare Ergebnisse für den mobilisierten Erddruck. Die Abweichung der Verteilung aus der vollständigen Modellierung des Querschnitts kann auf die gegenseitige Beeinflussung der Baugrubenwände zurückgeführt werden. Dieser Einfluss wird bei den anderen Verfahren vernachlässigt.

Hydraulischer Grundbruch

Durch den großen Höhenunterschied zwischen den Wasserständen innerhalb und außerhalb der Baugrube kommt es zur Umströmung der Wände und der Nachweis des hydraulischen Grundbruchs muss geführt werden. Das Strömungspotential wird nahezu ausschließlich in der wenig durchlässigen Feinsandschicht abgebaut.

Parameterstudie

Die Ermittlung der Durchlässigkeit unterliegt besonders bei tiefen Bodenschichten gewissen Unsicherheiten. In einer Parameterstudie wurde deshalb untersucht welchen Einfluss höhere Durchlässigkeiten beim Feinsand auf den Nachweis (nach *Terzaghi*) haben. Außerdem ist in der Natur ein waagerechter Verlauf der Schichtgrenze von Kies und Feinsand nicht zu erwarten. Deshalb wurden ebenfalls Nachweise mit abweichenden Bodenprofilen geführt. In einem dritten Abschnitt der Studie wurde mit erhöhten horizontalen Durchlässigkeiten gerechnet, da diese im Baugrund von der vertikalen Durchlässigkeit abweichen kann.

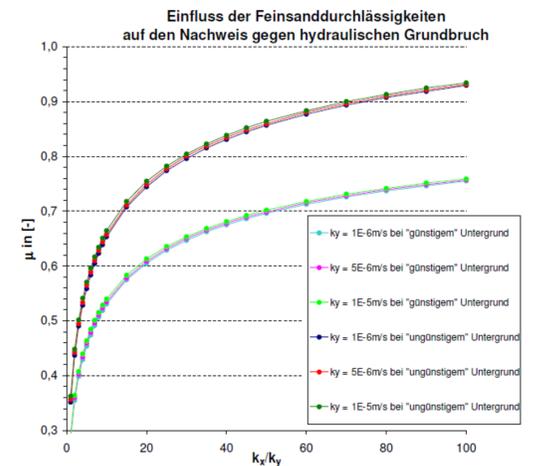


Abb. 4: Ausnutzungsgrade der Nachweise zum hydraulischen Grundbruch bei Annahme verschiedener horizontaler und vertikaler Durchlässigkeiten der Feinsandschicht

Durch die Variation der Durchlässigkeiten und der Schichtung wurden wesentlich größere Ausnutzungsgrade im Nachweis zum hydraulischen Grundbruch berechnet als mit den anfangs gegebenen Parametern. Beispielhaft zeigt Abb. 4 den erheblichen Einfluss der horizontalen Durchlässigkeit. Durch deren Erhöhung verlagert sich der Potentialabbau der Strömung in die Bereiche vertikaler Fließrichtung, was sich negativ auf den Nachweis auswirkt.

Erst mit Berücksichtigung möglicherweise abweichender Parameter kann die rechnerische Standsicherheit sinnvoll abgeschätzt werden.

Standsicherheitsberechnung mit PLAXIS

Um ein numerisches Versagen der Baugrube durch hydraulischen Grundbruch hervorzurufen, wurde die Wichte des Wassers, aus der sich die Strömungskraft ergibt, bei der Eingabe erhöht. Um ungewollte Einflüsse auf Spannungen und Verformungen zu kompensieren, wurden auch die Sättigungswichten erhöht und ein Innendruck in der Baugrube angesetzt (siehe Abb. 5).

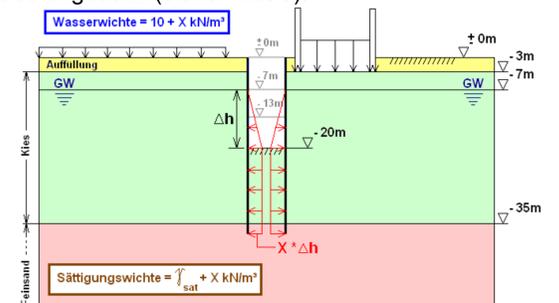


Abb. 5: veränderte Eingabeparameter für die FE-Berechnung in PLAXIS mit erhöhter Wasserwichte

Es wurden Berechnungen mit bis zu 8-facher Wasserwichte durchgeführt. Dabei konnte kein numerisches Versagen der Baugrube durch hydraulischen Grundbruch erzeugt werden. Die Überlagerung der Vertikalspannungen aus Eigengewicht durch Strömungsdruck erfolgte nur lokal unter den Wandfüßen.

Wissenschaftlich Betreuung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle, TU Dresden
Dr.-Ing. Andreas Winkler, TU Dresden

Dipl.-Ing. Michael Kupka, TU Dresden

Abgabe
August 2000