

Hochhausgründungen in Berlin – Erfahrungen in eiszeitlich vorbelasteten Böden

Die städtische Verdichtung führt dazu, dass auch Projekte mit sehr hohen Gründungslasten geplant und umgesetzt werden. Der hierfür relevante Baugrund des Norddeutschen Tieflands ist durch diverse Vereisungen des Pleistozän geprägt, die sich in unterschiedlichen Erscheinungsformen von Tälern, Seebildungen, Flüssen und Hügellandschaften zeigen. Im Hinblick auf die mechanischen Eigenschaften des Baugrunds reicht es bei anspruchsvolleren Bauvorhaben nicht aus, eine Einteilung der Böden lediglich hinsichtlich der Lagerungsdichte oder der Konsistenz vorzunehmen. Zum besseren Verständnis und zur wirtschaftlichen Nutzung des Baugrunds muss vielmehr eine möglichst genaue Kenntnis der Belastungsgeschichte und ihres Einflusses auf die Steifigkeit und die Tragfähigkeit der Böden erlangt werden. Zahlreiche Berliner Projektbeispiele haben gezeigt, dass es für die Planung entscheidend ist, welche Beanspruchungen diese Böden seit ihrer Bildung erfahren haben. Prägend sind dabei einerseits die verschiedenen Eisvorstöße der pleistozänen Kaltzeiten mit ihren zwischengeschalteten Warmzeiten und andererseits zivilisationsbedingte Vorbelastungen z. B. aus Altbebauungen oder Grundwasserabsenkungen. Neben den bodenmechanischen Zusammenhängen werden praktische Beispiele hoch belasteter Gebäudegründungen vorgestellt und auch gezeigt, dass eine Tiefgründung nicht in allen Fällen notwendig ist und eine flächenhafte Gründung durchaus die bessere und wirtschaftlichere Lösung sein kann.

Stichworte Hochhaus; Tiefgründung; eiszeitlich vorbelasteter Boden; Setzungen

1 Einführung

Der oberflächennahe, für die städtischen Hochbaumaßnahmen relevante Baugrund wurde in weiten Gebieten Norddeutschlands durch die Vereisungen des Pleistozäns der letzten 400.000 Jahre geformt.

Die in großen Bereichen Berlins erkundeten Ablagerungen des Holsteins-Interglazials bspw. können trotz ihrer Tiefenlagen von 40 m bis 50 m unter Gelände und Mächtigkeiten von bis zu 20 m im Falle großer und hoch belasteter Gründungen erhebliche Verformungsanteile bewirken. Gleiches gilt für den an einigen Standorten unterhalb der quartären Böden in ähnlicher Tiefenlage und Mächtigkeit anstehenden miozänen Braunkohleschluff.

Für frühere und aktuelle Hochhausprojekte in der Berliner Innenstadt war bzw. ist die eiszeitliche Überprägung sowohl der pleistozänen Sande und Geschiebeböden als

Foundations for high-rise buildings in Berlin – experiences in glacially overconsolidated soils

Due to the challenge of continuing urban growth building projects require the planning and construction of heavily loaded foundations. With the building grounds of the North German Plain we come upon a Geotechnical structure of manifold glacial icing layers which composed a landscape of valleys, lakes, rivers and hillocks. With respect to ambitious building projects it is vital not only to categorize and subdivide the soil with regard to mechanical characteristics such as density and texture. In order to get a deeper understanding of the soil conditions and for an economic geotechnical design approach the evolutionary aspects and the time impact on structure and composition of the soil, especially with regard to its rigidity and load capacity need to be observed. Many projects in Berlin have shown that it is vital for the planning to deeply analyze the load history that influenced the soil from the beginning of its formation. The main factors that might have contributed to the soil capacity are e. g. glacial formations of the Pleistocene on the one hand and on the other hand man-made effects due to former foundations or groundwater drawdowns. In addition to an outline on mechanical relations, practical examples are being given for heavily loaded foundations of high-rise buildings. Furthermore, it is shown that a deep foundation is not always necessary but that a slab foundation might be a better and economically more feasible solution.

Keywords high-rise building; deep foundation; glacially overconsolidated soil; settlement

auch der interglazialen Bildungen bzw. des Braunkohleschluffs im Hinblick auf die realistische Abschätzung des Verformungsverhaltens und die technisch und wirtschaftlich optimierte Gründungsdimensionierung von großer Bedeutung.

Die zugehörigen, oft großen und tief reichenden Baugru-benkonstruktionen der Hochhäuser müssen unter Berücksichtigung der typischen enggestuften Berliner Sande und des im Urstromtal vorhandenen hohen Grundwasserstands konzeptioniert werden.

2 Gründungskonzepte

Die grundsätzlichen Gründungsmöglichkeiten von Hochhäusern unterscheiden sich zunächst nicht von üblichen Geschossbauten. Je nach Baugrundeignung und Anforderungen werden Hochhäuser flach auf Bodenplatten, tief

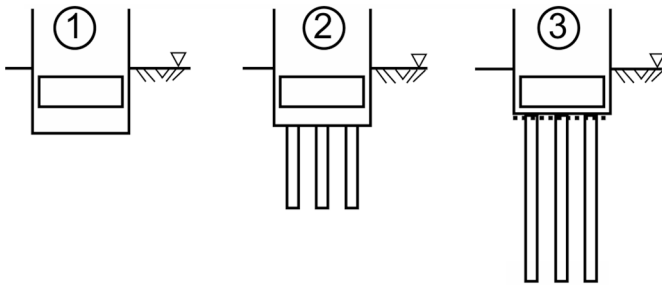


Bild 1 Gründungskonzepte für Hochhäuser – (1) Flachgründung, (2) KPP, (3) Tiefgründung
 Foundation concepts for high-rise buildings – (1) slab foundation, (2) combined pile-raft foundation, (3) deep foundation

auf Pfahlgründungen oder auf einer Kombination der beiden Gründungsarten – der sog. kombinierten Pfahl-Plattengründung, kurz KPP – gegründet (Bild 1). Einen umfangreichen Überblick über die Bemessung und die praktischen Auswirkungen einer KPP gibt [1].

Bei einer KPP werden die Lasten aus dem Hochbau zu unterschiedlichen Anteilen über die Sohlspannungen unterhalb der Bodenplatte und über die Tiefgründungselemente abgetragen. Für die Bemessung macht man sich die Tatsache zunutze, dass die Pfähle als Setzungsbremse betrachtet werden und deshalb die Tragfähigkeit der Gründung zwar als Gesamtsystem nachzuweisen ist, jedoch der Nachweis der Einzelpfahltragfähigkeit mit den entsprechenden Sicherheiten nicht wie bei einer klassischen Pfahlgründung berücksichtigt werden muss. Vielmehr dürfen die Pfähle bis zu ihrer Grenzlaster beansprucht werden. Voraussetzung hierfür ist ein validiertes Berechnungsverfahren zur Ermittlung der den Pfählen zuzuweisenden Lastanteile, da mit diesen die innere Tragfähigkeit, also die ausreichende Materialfestigkeit nachzuweisen ist. Näheres zu KPP-Gründungen und ihrem besonderen Lastabtragsverhalten ist z. B. in [2] nachzulesen.

Aufgrund der grundsätzlichen Baugrundeignung findet man in Berlin für Hochhausbebauungen im Wesentlichen Flachgründungen und – hier meist aufgrund ihrer Wirtschaftlichkeit und der geringeren Gesamtverformungen – KPP-Lösungen.

Flachgründungen können auch mit vorlaufenden baugrundverbessernden Maßnahmen wie Tiefenverdichtungen oder dem Einbau von Stabilisierungssäulen kombiniert werden, was dann der Fall sein kann, wenn aufgrund einer vergleichsweise geringen Einbindung in den Untergrund die Gründungsebene noch in oberflächennahen holozänen und damit eher weniger tragfähigen Böden liegt. Der grundsätzliche Charakter einer Flachgründung bleibt dabei erhalten.

Ein meist entscheidendes Kriterium für die Wahl der Gründungslösung sind die Verformungen: Entweder treten unzulässig hohe Gesamtverformungen, insbesondere auch mögliche Schiefstellungen des Hochhauses, ein oder es müssen im Zuge des Anschlusses des Baukörpers

an vorgelagerte Anbauten oder Sockelbebauungen Setzungsdifferenzen klein gehalten werden. Häufig führen auch zu große prognostizierte Mitnahmeverformungen zu Überbeanspruchungen von angrenzenden Bauwerken oder zur Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit von Nachbarbauteilen. Hierbei ist der vergleichsweise hohe Grundwasserspiegel Berlins oft mitentscheidend, denn bei größeren Verformungen können insbesondere Abdichtungen der z. T. viele Jahrzehnte alten Tunnelbauwerke der Berliner U-Bahn ihre Funktionsfähigkeit verlieren. Daraus entstehende Undichtigkeiten und die damit verbundenen Sanierungskosten sind oft so hoch, dass sie als nicht akzeptabel eingestuft werden müssen.

Um die Verformungen der Gründungskörper unter Last zu prognostizieren, ist die richtige Berücksichtigung der Baugrundeigenschaften – insbesondere der Steifigkeit – von entscheidender Bedeutung. Hierbei sind sowohl die Bodenart als auch die im Baugrund vorhandenen Spannungszustände zu berücksichtigen. In [3–5] wird ein Überblick über die aus zahlreichen Rückrechnungen von gemessenen Verformungen für die Berliner Böden ermittelten Steifigkeiten gegeben.

Die Verformungseigenschaften sind je nach Bodenart in unterschiedlichem Maße vom eingepprägten Spannungszustand aus der geologischen Vorbelastung, aber auch aus anthropogenen Veränderungen – bspw. Entspannungsvorgängen aus der Herstellung der Gründungselemente oder anderen Spezialtieftbaumaßnahmen – abhängig.

Im Allgemeinen können analytische Überlegungen für erste Gründungskonzepte herangezogen werden, aber meist macht der Lastabtrag aus dem Gebäude bei gleichzeitiger Berücksichtigung der Ent- und Wiederbelastungen aus den Bauphasen inkl. der Entspannungsvorgänge aus den Herstellungseinflüssen eine detaillierte räumliche Modellierung mit numerischen Methoden erforderlich. Hierbei haben sich für die Berliner Böden elastoplastische Stoffmodelle mit einer spannungsabhängigen Formulierung der Steifigkeit sowie deviatorischer und volumetrischer Verfestigung etabliert.

Bild 2 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt aus einem Finite-Elemente-Modell für eine KPP im Berliner Sand. Farblich angelegt sind die Vertikalverformungen im Baugrund unterhalb der Gründungsplatte. Es ist gut zu erkennen, wie die Anordnung der Pfähle unter der Platte im Bereich der konzentrierten Lasten aus der Hochhausbebauung auch tiefer liegende Bereiche in den Lastabtrag einbezieht und so für eine Vergleichmäßigung der Setzung zwischen hoch belastetem Hochhausbereich und angeschlossener Sockelbebauung sorgt.

Im Gegensatz zu den Bauteilen im Untergrund, wie den Pfählen, der Gründungsplatte, aber auch der Baugrubenumschließung und dem Baugrubenaushub selbst, sind die konstruktiven Elemente des Hochbaus oftmals nur vereinfacht in dem FE-Modell für die KPP abgebildet. Der Schwerpunkt der Berechnung liegt auf der richtigen Ab-

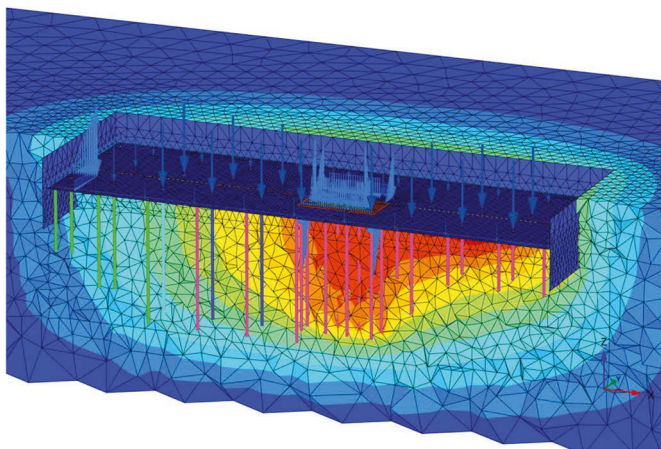


Bild 2 Numerisches Modell einer KPP (Ausschnitt)
Numeric model of a pile-raft foundation (detailed view)

bildung der Bauabläufe und der Spannungsverteilung im Bodenkontinuum – man spricht deshalb auch vom geotechnischen oder G-Modell. Die Steifigkeit des Hochbaukörpers wird näherungsweise berücksichtigt, indem neben der Bodenplatte bspw. nur die Untergeschosse mit ihren Wänden und Geschossdecken abgebildet werden.

Das Ergebnis der Berechnungen im G-Modell wird in Form von Bettungs- und Pfahlsteifigkeiten an den Tragwerksplaner des Hochbaus übergeben, der damit – im sog. Tragwerks- oder T-Modell – die Stahlbetonbemessung vornimmt. In der Regel sind hier ein bis zwei Iterationsvorgänge erforderlich, um die beiden Modelle in ausreichende Übereinstimmung zu bringen. Das Ziel ist – neben der genauen Ermittlung der Verformungen –, die Lastaufteilung zwischen den einzelnen Pfählen und der Bodenplatte zu erhalten, um hier insbesondere in Bezug auf die „innere“ Bemessung der Bauteile von richtigen Randbedingungen auszugehen.

Die Standsicherheit des Gesamtsystems der Gründung wird dann im numerischen G-Modell ermittelt. Ein durchaus übliches Verfahren reduziert bei Berücksichtigung von charakteristischen Lasten in einem gesonderten Rechenschritt die Festigkeiten des Bodens, um die geforderten Sicherheiten einzuhalten.

Es ist jedoch wichtig zu berücksichtigen, dass zum einen die Steifigkeiten des Baugrunds im Rahmen der erwarteten Bandbreiten variieren können und sich zum anderen verändernde Verzerrungs-, aber auch Spannungszustände auf die Größe der Steifigkeiten auswirken. Diese sog. φ - c -Reduktion ist deshalb im Hinblick auf eine mögliche Veränderung der Lastverteilung problematisch, sodass in der Praxis ein angepasstes Vorgehen zur Anwendung kommt, bei dem die Berechnung mit charakteristischen Baugrundkennwerten unter proportionaler Steigerung der Lasten vorgenommen wird.

Zur Beurteilung der dabei erhaltenen Ergebnisse hat es sich bewährt, im Sinne einer Verformungsbedingung davon auszugehen, dass unter Laststeigerung nur ein be-

grenztes überproportionales Verformungshalten tolerierbar ist. Hierfür wird in Anlehnung an die DIN 18088 nachgewiesen, dass unter einer Einwirkung der zweifachen Größe des jeweiligen Belastungsfalls ein stabiler Gleichgewichtszustand existiert und dass die dabei eintretenden Verformungen geringer sind als der dreifache Wert, der unter einfacher Lastgröße ermittelt wird.

Das Gesagte gilt grundsätzlich auch für Flachgründungen, denn die Bettungsverteilung unterhalb der Bodenplatte ist in hohem Maße von der Baugrundsteifigkeit, aber auch von der Plattensteifigkeit und der Lastanordnung abhängig, sodass bei Hochhausprojekten auch hier meist numerische Modelle Verwendung finden.

3 Auswahl Berliner Hochhäuser

Die Berliner Skyline ist lange nicht so spektakulär wie die Frankfurts oder anderer Metropolen der Welt. Es ist jedoch in den Jahren nach der Wiedervereinigung eine Vielzahl von Hochhäusern entwickelt und ausgeführt worden.

Bereits im Jahre 1970 wurde am Berliner Alexanderplatz mit dem heutigen Hotel Park Inn das mit 125 m bislang höchste Hochhaus der Stadt fertiggestellt (Bild 3) [5], 1998 folgte mit dem Treptower an der Spree ein ebenfalls 125 m hohes Bürogebäude (Bild 4) [6]. Auch der 120 m hohe Steglitzer Kreisel aus dem Jahre 1980 sei hier erwähnt.

In der Nachwendezeit wurden auch die Hochhäuser von Debis und von Sony [6] am Potsdamer Platz mit einer Höhe von ca. 103 m errichtet. Zwischen 2012 und 2017 wurden in der City West mit dem Zoofenster und dem Upper West zwei ca. 120 m hohe Gebäude fertiggestellt (Bild 5).

Über das Berliner Stadtgebiet verteilt ist jedoch aktuell eine ganze Reihe weiterer interessanter Hochhausvorhaben im Bau. So befinden sich in der City Ost rund um den



Bild 3 Hotel Park Inn am Alexanderplatz
Hotel Park Inn at Alexanderplatz



Quelle: GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH

Bild 4 Hochhaus Treptowers an der Spree
High-rise buildings Treptowers at the river Spree



Quelle: GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH

Bild 6 Stream-Tower an der Mercedes-Benz-Arena
Stream-Tower near the Mercedes Benz Arena



Quelle: GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH

Bild 5 Hochhäuser in der City West am Bahnhof Zoo – Upper West (links)/
Zoofenster (rechts)
High-rise buildings at Bahnhof Zoo, City West – Upper West (left-
hand)/Zoofenster (right-hand)

Alexanderplatz der 150 m hohe Alexander-Tower und der 130 m hohe Covivio-Turm in der Realisierung. Nicht weit davon entfernt sind in Berlin-Friedrichshain nahe der Mercedes-Benz-Arena der Stream-Tower mit einer Höhe von 90 m (Bild 6) in der Vollendung sowie der Edge East Side Tower mit einer geplanten Höhe von 140 m im Bau. Kürzlich begannen in Berlin-Neukölln auch die Arbeiten für das Estrel-Hochhaus, das mit etwa 175 m künftig höchste Haus der Stadt.

4 Gründungssysteme und Geologie

Nachfolgend wird näher auf die Gründung einiger Hochhäuser eingegangen, an deren Planung und Realisierung die GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH seit den 1990er-Jahren beteiligt war bzw. aktuell ist. Bild 7 zeigt die Lage der Vorhaben auf einer Übersichts- und einer Geologischen Karte, Tab. 1 listet zu diesen Bauvorhaben einige Kenndaten auf.

Es zeigt sich, dass die überwiegende Zahl der Gründungen als KPP (kombinierte Pfahl-Plattengründung) ausgeführt wurde, um in wirtschaftlicher Art Pfähle zur Setzungsreduzierung einzusetzen. Diese Gründungen haben überwiegend einen den Lastanteil der Pfähle beschreibenden Pfahlplatten-Koeffizienten α_{KPP} von 0,65–0,85. Zu erwähnen sei, dass der Lastanteil der Pfähle zur Berücksichtigung der Bemessungsvorteile einer KPP gemäß KPP-Richtlinie [1] im Vergleich zu einer reinen Pfahlgründung max. 90% betragen darf.

In den Prognoseberechnungen wurde die eiszeitliche Vorbelastung für nichtbindige und bindige Böden ab Beginn des Saaleglazials (Tab. 1) berücksichtigt. Für die bindigen Böden wurden auch die nicht verwitterten Mergel des jüngeren Weichselglazials als geologisch vorbelastet betrachtet.

Größere Abweichungen zwischen prognostizierten und gemessenen Setzungen zeigen sich bei Nr. 1 und 3, bei denen die eiszeitliche Vorbelastung nur sehr vorsichtig berücksichtigt wurde [4].

Für die hier betrachteten Hochhäuser sind erwartungsgemäß die Setzungen für Plattengründungen größer als für KPP-Gründungen, allerdings liegen die bei Nr. 4 und 8 gemessenen Setzungen noch in einer für ihre Standortbedingungen gebrauchstauglichen Größenordnung.

Im Hinblick auf die geotechnische Umsetzung der Baugrunduntersuchungsergebnisse an den einzelnen Standorten und den Angaben in den geologischen Karten von Berlin lassen sich die nachfolgend beschriebenen Schichtprofile der betrachteten Hochhaus-Cluster darstellen.



Quelle: Geoportals Berlin (Digitale Topographische Karte DTK25 und Geologische Karte GK25), bearbeitet

Bild 7 Lage von Hochhaus-Bauvorhaben in der Übersichts- und der geologischen Karte
Location of high-rise buildings on overview map and geological map

Tab. 1 Kenndaten der Hochhäuser
Specifications of the high-rise buildings

Nr.	Gründung	Fertigstellung	Höhe über GOK [m]	Beginn Saaleglazial unter GOK [m]	Setzung Hochhauskern im Mittel	
					Messung [cm]	Prognose [cm]
1	KPP	2012	120	10–15	3	4
2	KPP	2017	120	10–15	4	4
3	KPP	2000	103	14–18	3	4,5
4	Platte	1970	125	14–20	6–8	7
5	KPP	im Bau	130	14–20	–	4
6	KPP	im Bau	150	14–20	–	4
7	KPP	fast fertig	86/96	10–15	3 (extrapoliert)	3
8	Platte	fast fertig	90	10–15	4 (extrapoliert)	5
9	KPP	im Bau	140	10–15	–	5
10	KPP	1998	125	9–13	6	6

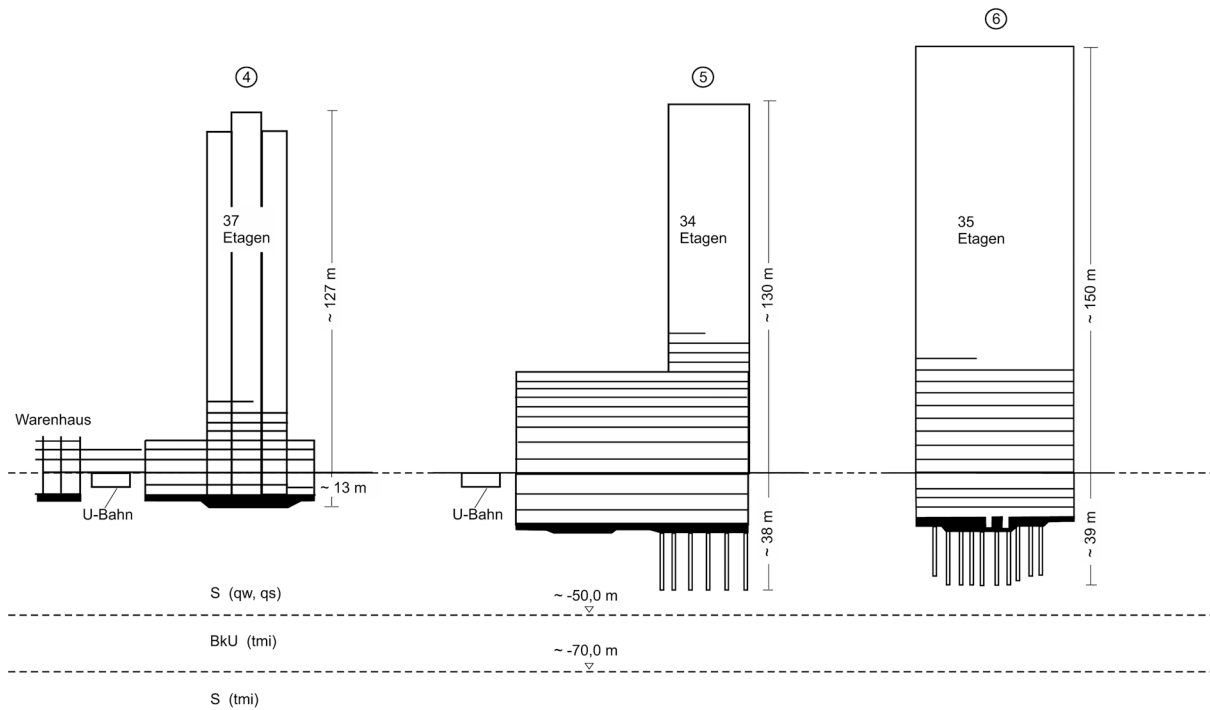


Bild 8 Baugrundprofil im Cluster am Alexanderplatz
Soil profile at the Alexanderplatz cluster

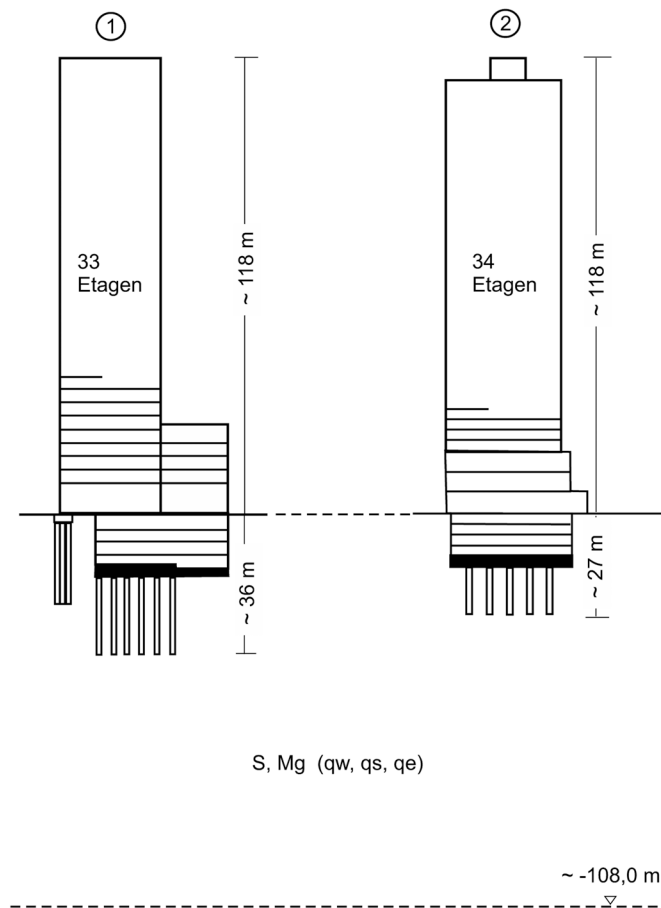


Bild 9 Baugrundprofil im Cluster City West am Bahnhof Zoo
Soil profile at the Bahnhof Zoo cluster, City West

Für das Hochhaus-Cluster am Berliner Alexanderplatz (Bild 8) typisch sind die tertiären Braunkohleschluffe, die bei fünf Bauvorhaben in neun tief reichenden Bohrungen

bei einer Tiefenlage zwischen -10 und -35 m NHN erkundet wurden, was einer Lage von i.M. ca. $50-70$ m unter Gelände entspricht.

Der tertiäre Braunkohleschluff (BkU [tmi]) besteht aus Wechsellagerungen von tonigen und schluffigen Schichten. Die organischen Anteile in Form von Braunkohle kommen in Reibsel- bis Stückgröße mit bis zu 40 M-% vor. Vereinzelt wurden auch stark zersetzte Torfe von mehreren Dezimeter Mächtigkeit angetroffen. Die Konsistenz des Braunkohleschluffs wurde von halbfest bis fest bestimmt.

Die bei diesen Bauvorhaben für den Braunkohleschluff über Odometerversuche ermittelten Wiederbelastungsteifigkeiten E_{sw} lagen für den in der Tiefenlage relevanten Spannungsbereich zwischen ca. 80 MN/m² und 170 MN/m². Diese große Bandbreite ist auf die unterschiedlichen Bedingungen und Qualitäten bei den Bohrungen, Probenahmen und Versuchsdurchführungen zurückzuführen. Von Bedeutung zum Erhalt einer möglichst realistischen Steifigkeitsabschätzung ist die Abbildung der Vorlast und der tiefenabhängigen Zusatzspannungen.

Bei den Hochhausbauten im Cluster City West (Bild 9) wurden im lastabtragungsrelevanten Tiefenbereich lediglich nichtbindige Böden angetroffen. Im linksseitigen Bauwerk besteht die Gründung aus einer KPP und einer höherliegenden Pfahlgründung im Bereich der Arcaden.

Aus Rückrechnungen für die am flachgegründeten Park-Inn-Hochhaus im Cluster am Alexanderplatz (Bild 8, Nr. 4) während des Baus gemessenen Setzungen [7, 8] konnte für den Braunkohleschluff eine Wiederbelastungs-

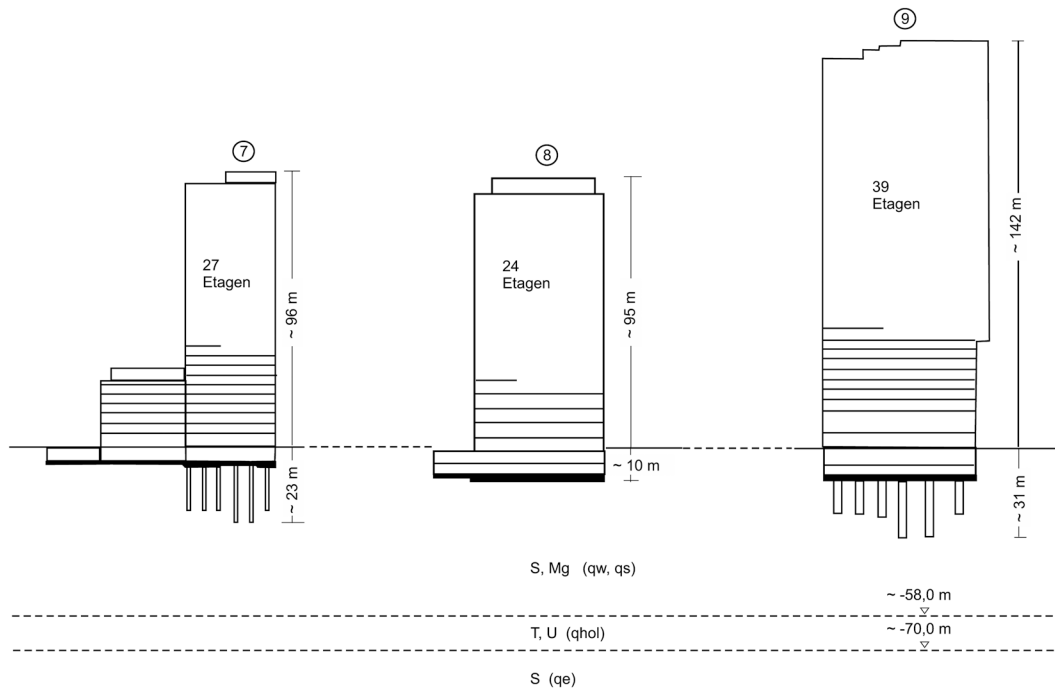


Bild 10 Baugrundprofil im Cluster an der Mercedes-Benz Arena
Soil profile at the Mercedes Benz Arena cluster

steifigkeit von $E_{sw} = 150 \text{ MN/m}^2$ ermittelt [5] und somit auch der in [7] angegebene Wert bestätigt werden.

Für das Hochhaus-Cluster im neuen Stadtquartier um die Mercedes-Benz Arena (Bild 10) sind die in einer Tiefenlage von ca. 58–70 m unter Gelände erkundeten Sedimente des Holstein-Interglazials (T, U [qhol]) relevant. Diese zwischen der Elster- und der Saale-Eiszeit abgelagerten Schichten setzen sich aus organischen Schluffen und Tonen sowie organischen, schluffigen Sanden zusammen. Aus Ödometerversuchen wurden für das Holstein-Interglazial Steifigkeiten von i. M. 150 MN/m^2 ermittelt und aus Pressiometerversuchen 215 (weich) bzw. 242 MN/m^2 (steif) [3].

Im Hochhaus-Cluster am Potsdamer Platz [6] wurde der Braunkohleschluff (BkU [tmi]) beim Vorhaben A+T in Wechsellagen zwischen 40 und 55 m unter Gelände getroffen. Es wurden bis zur Endtiefe des Aufschlusses von 70 m drei 1–2 m mächtige Braunkohleschluffschichten mit einem labormäßig bestimmten Entlastungsmodul von 150 MN/m^2 erbohrt.

Zu erwähnen ist, dass auch In-situ-Messungen, z. B. über Pressiometer, realistische Steifigkeitsgrößenordnungen ergeben, wogegen die gemäß Eurocode EC 7 zulässige Rückrechnung aus Drucksondierergebnissen zumindest für die Berliner Böden keine brauchbaren Ergebnisse ergeben.

5 Zusammenfassung

Es ist festzustellen, dass im Berliner Innenstadtbereich mit der durch glaziale Vorbelastungen geprägten Geologie Hochhausgründungen als KPP, aber auch als reine Flachgründungen (Platte) wirtschaftlich und verformungsarm bemessen und ausgeführt werden können [6].

Für Gebäudehöhen von über 100 m und bei verformungsempfindlichen angrenzenden Bauwerken ist es für die Minimierung der absoluten und der Mitnahmesetzungen zu empfehlen, eine KPP als Setzungsbremse auszuführen.

Beim Vorhandensein von interglazialen oder auch tertiären Ton-/Schluffschichten ist bei der Festlegung der Pfahllunterkanten von Tief- oder KPP-Gründungen zu berücksichtigen, dass sich die setzungsreduzierende Wirkung der Pfähle durch Annäherung an die Ton-/Schluffschichten wieder verringert.

Die Baugrunduntersuchungen müssen bei hoch belasteten Gründungen in eine ausreichende Tiefe geführt werden, um sowohl bei Platten-, insbesondere aber auch bei Pfahl- und KPP-Gründungen die von den Zusatzspannungen beeinflussten Bodenbereiche zuverlässig zu erfassen.

Literatur

- [1] Hanisch, J.; Katzenbach, R.; König, G. (2001) *Kombinierte Pfahl-Plattengründungen*. Berlin: Ernst und Sohn.
- [2] Richter, T. (2000) *Entwurfsgrundlagen der kombinierten Pfahl-Platten-Gründung* in: TAE Esslingen [Hrsg.] *Tagungsband 2. Kolloquium – Bauen in Boden und Fels. Technische Akademie Esslingen*, Ostfildern, Jan. 2000.
- [3] Borchert, K.-M.; Römer, M.; Hoffmann, D. (2017) *Gründung eines Hochhauses über einer weichen Schluffschicht*. Vorträge zum 13. Hans Lorenz Symposium, TU Berlin, 12. Okt. 2017.
- [4] Hebener, H. L.; Lutz, B. (2012) *Zoofenster – Anspruchsvolle Hochhausgründung unter speziellen Randbedingungen in der Berliner City West*. Seminar Messen im Bauwesen, Berlin: BAM, 6. März 2012.
- [5] Mittag, J.; Richter, T.; Schädlich, B.; Peng, H. (2020) *Die Herausforderungen von Hochhausgründungen in Gebieten mit glazial geprägten Böden* in: *Geotechnik* 43, H. 4, S. 289–297. <https://doi.org/10.1002/gete.202000032>
- [6] Richter, T.; Savidis, S.; Katzenbach, R.; Quick, H. (1996) *Wirtschaftlich optimierte Hochhausgründungen im Berliner Sand* in: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik [Hrsg.] *Vorträge der Baugrundtagung*. Berlin, 25.–27. Sept. 1996.
- [7] Böttcher, W. (1970) *Baugrunduntersuchungen für das Hotel „Stadt Berlin“ und den Fernseh- und UKW-Turm Berlin* in: Paul, O.; Welzien, K. [Hrsg.] *3. Fachtagung „Grundbau“ – Hochbelastete Gründungen in Karl-Marx-Stadt*. Berlin: Deutsche Bauinformation, 30. Sept.–2. Okt. 1970, S. 46–49.
- [8] Weiss, W. (1970) *Konstruktive Gestaltung der Gründung am Baukomplex Hotel „Stadt Berlin“* in: Paul, O.; Welzien, K. [Hrsg.] *3. Fachtagung „Grundbau“ – Hochbelastete Gründungen in Karl-Marx-Stadt*. Berlin: Deutsche Bauinformation, 30. Sept.–2. Okt. 1970, S. 50–56.

Autoren

Dr.-Ing. Jens Mittag (Korrespondenzautor)
mittag@gudconsult.de
GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH
Darwinstraße 13
10589 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Thomas Richter
richter@gudconsult.de
GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH
Darwinstraße 13
10589 Berlin

Dr.-Ing. Fabian Kirsch
kirsch@gudconsult.de
GuD Geotechnik und Dynamik Consult GmbH
Darwinstraße 13
10589 Berlin

Zitieren Sie diesen Beitrag

Mittag, J.; Richter, T.; Kirsch, F. (2021) *Hochhausgründungen in Berlin – Erfahrungen in eiszeitlich vorbelasteten Böden*. *Bautechnik* 98, H. 9, S. 671–678. <https://doi.org/10.1002/bate.202100063>