

# **Zur baugrundgeologischen Situation im Bereich Potsdamer Platz - Spreebogen**

Vortrag von Dr.-Ing. Jens Karstedt an der Technischen Akademie Esslingen 1996

## **Zusammenfassung**

Die geologische Situation im Bereich des Potsdamer Platzes im Herzen Berlins ist gekennzeichnet durch Talsande, in die Geschiebe (Mergel, Lehm) eingelagert sind, Böden also, die im bodenmechanischen Sinne als tragfähig anzusehen sind. Bei der Realisierung von bis zu 20 m tiefen Baugruben erweist sich besonders die Beherrschung des Grundwassers, das etwa 4 m unter Gelände ansteht, als bestimmendes Element der Planung, Genehmigung und Ausführung.

## **Abstract**

The geology of the inner city of Berlin is made up in the main of fluvial sand deposits and an interjected boulder clay stratum, both of glacial origin. The design and construction of 20 m deep pits for commercial buildings are to a large extent dominated by the requirements pertaining to the groundwatertable which lies at about 3 -4 m under the surface.

## **1 Einführung**

Die Bebauung am Potsdamer Platz ist in den Kriegsjahren weitgehend zerstört worden. In der Nachkriegszeit wurden die Grundstücke enttrümmert und die ehemaligen Keller verfüllt. Beginnend Ende der achtziger Jahre und beschleunigt nach dem Fall der Mauer wurde die Umsetzung des Vorhabens der Berliner Regierung, wieder eine urbane, flächenintensive Nutzung dieses Gebiets zu bewirken, in Angriff genommen. Im Zuge der Verkehrsneuplanung für die Hauptstadt des geeinten Deutschlands, Berlin, sind in diesem Bereich zusätzlich die Errichtung von Fernbahn-, U-Bahn- und Straßentunnelbauwerken zu realisieren. Für den Bereich zwischen Potsdamer Platz und Landwehrkanal ist von der Fa. debis auf einer Fläche von rd. 100.000 m<sup>2</sup> neben der Staatsbibliothek die Errichtung mehrerer Blockbebauungen mit Büro- und Geschäftsräumen, Wohnungen, einem Musical Theater und einer Spielbank geplant. Der Unterzeichner hat maßgeblichen Anteil an der Erstellung des Baugrund- und Gründungsgutachtens und des Antrags auf wasserbehördliche Genehmigung von Grundwasserentnahmen für dieses Projekt und begleitet die Ausführung beratend.

## **2 Bauwerke**

Zur Abdeckung vielfältiger Nutzungen soll die Bebauung größtenteils drei Untergeschosse erhalten. Die Belieferung erfolgt über einen Ladebereich im 3. Untergeschoß, der mit Rampen an einen geplanten Straßentunnel durch den Tiergarten angebunden ist. Der Gebäudekomplex soll zusammen mit den angrenzenden Verkehrsbauwerken (Straßentunnel und ein Regionalbahnhof) in gemeinsamen Baugruben errichtet werden. Die aufgehende Bebauung besteht im wesentlichen aus 4- bis 20-geschossigen Gebäuden, die durch Straßenzüge und eine Piazza getrennt werden. Eines der wenigen Gebäude des alten Bestandes, das Weinhaus Huth, wird in das Neubauensemble integriert. Als Anbindung der Neubauten an die benachbarten S- und Fernbahnhöfe ist eine unterirdische Passarelle geplant.

### **3 Baugrund und Grundwasser**

#### **3.1 Allgemeine Geologie**

Die alte Mitte Berlins und dazu gehörig auch der Bereich um den Potsdamer Platz befinden sich im Bereich des Berlin-Warschauer-Urstromtals. Unter einer zumeist etwa 2 - 3 m dicken Schicht aus "Kulturschutt" stehen Talsande an, die von einer Geschiebemergelschicht von wechselnder Dicke als eiszeitliche Grundmoränenbildung unterbrochen werden. Diese Schicht fehlt weiter nördlich im Bereich des Tiergartens und auch im südlichen Schöneberg streckenweise völlig; im Bereich des Potsdamer Platzes sind örtliche Fehlstellen ("Fenster") bekannt.

#### **3.2 Erkundungsprogramm**

Zur Erkundung des Baugrunds wurden 43 Trockenbohrungen bis in Tiefen von 20 - 30 m niedergebracht und einige weitere wurden bis zur Oberfläche der tertiären Bildungen in rd. 50 m Tiefe abgeteuft. Die Lagerungsdichte der Sande wurde mittels schwerer Rammsondierungen DPH bestimmt. Zur Beurteilung der Festigkeitseigenschaften des Geschiebemergels wurden eine Vielzahl von Sonderproben entnommen und im Labor untersucht. Um für den Unterwasseraushub eine gesicherte Prognose der Bodenklasse zu gewinnen, wurde mit einem Bohrgerät zur Herstellung von Bohrpfählen einige ca. 0,5 m hohe Proben mit 0,6 m Durchmesser aus dem Geschiebemergel gewonnen.

#### **3.3 Erkundungsergebnisse**

Der Geschiebemergel wurde in Tiefen zwischen 7 m und 20 m unter Geländeoberfläche angetroffen. In einer Tiefe von rd. 50 m folgen unter den Talsanden (und sporadischen -kiesen) tertiäre Braunkohletone und -schluffe bzw. Braunkohlesande des Miozäns. Die Sande über den miozänen Braunkohletonen und -schluffen bilden das oberste Grundwasserstockwerk, das meistens durch die quasi-wasserundurchlässige Geschiebemergelschicht geteilt wird. Die beiden Teilaquifere stehen über die "Fenster" in der Geschiebemergelschicht in hydraulischer Verbindung. Der freie Spiegel des Grundwassers liegt derzeit rd. 3 m bis 4 m unter Geländeoberfläche. Die Sande besitzen oberhalb des Geschiebemergels im allgemeinen eine lockere bis mitteldichte Lagerung und darunter eine dichte Lagerung. Der Geschiebemergel ist von steifer bis halbfester Konsistenz, wobei örtlich auch eine feste bis sehr feste Beschaffenheit festgestellt wurde. Damit ist der gewachsene Baugrund als gut tragfähig einzustufen. Sand und Geschiebemergel enthalten sporadisch Grobmaterial in Stein- und Blockgröße ("Findlinge"); konzentriert wurden diese an der Oberfläche des Geschiebemergels angetroffen. Um zuverlässige Ausgangswerte für hydrologische Studien zu erlangen, wurden zwei Pumpversuche durchgeführt. Als Ergebnis wurden Durchlässigkeits-beiwerte der Sande ober- und unterhalb der Geschiebemergelschicht von  $k_f = \text{ca. } 2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  festgestellt.

### **4 Grundwasserentnahme**

Der wasserwirtschaftliche und ökologische Kontext, in dem die Grundwasserentnahme und -verbringung innerhalb der Projekte am Potsdamer Platz zu erfolgen haben, wird in anderen Beiträgen dieser Serie detailliert behandelt. Für die Planung und Ausführung der Baugruben erwachsen aus den besonderen Anforderungen an die Beherrschung der Grundwasserproblematik eine Reihe Konsequenzen von nachhaltiger Bedeutung.

1. Aufgrund der Forderung, daß innerhalb des Tiergartens keine nennenswerte Absenkung geduldet wird, kam die mit Abstand wirtschaftlichste Baugrubenkonzeption - ein Berliner Verbau im Zusammenhang mit einer Gravitationsmehrbrunnenanlage zur Grundwasserabsenkung - nicht in Frage.

2. Zum Erlangen der wasserbehördlichen Genehmigung ergab sich damit zwingend, daß die tief unter den Grundwasserspiegel reichenden, geplanten Gebäude am Potsdamer Platz in "grundwasserschonender" Bauweise zu errichten sind. Die sich daraus ergebenden grundwasserschonenden Baugrubenkonzeptionen werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

3. Da auch bei der o. a. Vorgehensweise mit Lenz- und Restwasserentnahmen von mehr als 500.000 m<sup>3</sup> zu rechnen ist, mußte gemäß einer Richtlinie der Wasserbehörde die behördliche Erlaubnis im sog. öffentlichen formalen Verfahren betrieben werden. Dazu gehört eine Auslegung des Antrags (auf Eintrag von Stoffen in das Grundwasser und auf Entnahme von Grundwasser) sowie eine öffentliche Erörterung der Einwendungen. Die Bearbeitungsdauer wird mit rd. 6 - 9 Monaten angesetzt. Dieser Verfahrensverlauf zwingt den Bauherrn, sich bereits zu einem sehr frühen Planungsstadium auf die Baukubatur, die Baugrubenkonstruktion und die Herstellungsverfahren festzulegen. Hierdurch wird die Möglichkeit des Bauherrn, sich in der Planungsphase auf besondere Mieterwünsche oder Marktverschiebungen einzustellen, eingeschränkt. Weiterhin wirkt sich die frühe Festlegung auf das eine oder andere Bauverfahren einschränkend auf die Vorteile des freien Wettbewerbs aus, insbesondere die des Sondervorschlagswesens.

4. Ein weiteres Kriterium bei der Ausbildung der Baugrube ist die Sicherheit gegenüber Havarien (Störfällen) bei der Herstellung, sowie eine Abschätzung der Konsequenzen hinsichtlich Grundwasserentnahme und Absenkung des Grundwasserstandes bei einer Sanierung. Als Ergebnis dieser Überlegungen wurde festgestellt, daß Sanierungen kaum hinnehmbare Konsequenzen in ökologischer, wasserwirtschaftlicher, terminlicher und finanzieller Hinsicht mit sich bringen. Als Ergebnis wird dem Bereich Qualitätssicherung eine verstärkte Bedeutung zugemessen und ein überdurchschnittlich hoher Aufwand betrieben.

## 5. Baugruben

Unter den o. b. geologischen Bedingungen sind Bauwerke herzustellen, deren Gründungssohle bis in eine Tiefe von bis zu 20 m unter Geländeoberfläche reichen. Für die Projekte am Potsdamer Platz sind bislang drei Konzepte der grundwasserschonenden Bauweise projektiert bzw. genutzt worden :

a) Wand-Sohle-Bauweise unter Verwendung einer Unterwasserbetonsohle mit Zugpfählen  
Hierzu werden entlang der äußeren Grenzen des zu bebauenden Grundstücks zur Sicherung des Geländesprunges und zur seitlichen Abdichtung gegen Grundwasser Ortbetonschlitzwände oder Dichtwände mit eingestellter Spundwand hergestellt, die 1-lagig mit temporären Verpreßankern gesichert werden (s. Abbildung 1). Anschließend wird der Erdstoff in der Baugrube im Unterwasseraushub von Pontons aus entfernt. Danach werden Zugpfähle, die später die Auftriebskräfte aufnehmen werden, von der Wasseroberfläche aus eingebracht. Die horizontale Abdichtung wird anschließend als rd. 1,5 m dicke Unterwasserbetonsohle hergestellt. Mittels Abschottungen wird die Baugrube in Teilabschnitte für das Betonieren unterteilt. Derzeit befindet sich eine Baugrube kurz vor der Phase der Pfahlherstellung, eine andere in der Phase des Unterwasseraushubs.

**b)** Wand-Sohle-Bauweise unter Einsatz einer Weichgelsohle Im Unterschied zum vorhergehenden wird mittels Injektionslanzen eine flüssige Mischung aus Wasserglas, einem anorganischen Härter und Wasser in Tiefen von ca. 30 m unter Gelände rastermäßig in die anstehenden Sande gepreßt, wo sie geliert. Dieses Gel verschließt die Poren des Sandes, so daß ein Material entsteht, das ähnlich einem Geschiebemergel quasi-wasserundurchlässig ist. Die seitlichen Dichtungswände müssen hierfür tiefer geführt werden als bei der Variante mit Unterwasserbetonsohle. Vorteilhaft ist, daß die Wände im Zuge des Aushubs mehrlagig verankert werden können und daß der Bodenaushub nicht unter Wasser ausgeführt werden muß (s. Abbildung 2). Sofern im Endzustand das Gewicht des aufgehenden Bauwerks nicht groß genug ist, eine ausreichende Sicherheit gegen ein Auftreiben des Bauwerks zu gewährleisten, müssen Zugpfähle zur Verankerung des Bauwerks nach unten eingesetzt werden. Bislang sind zwei Baugruben auf diese Art erfolgreich realisiert worden; die Arbeiten für eine dritte Baugrube, bei der eine zusätzliche untere Feinzementinjektion zur vorsorglichen Einkapselung des Weichgels vorgesehen ist, werden gerade aufgenommen. Abbildung 3 zeigt ein Gerät, mit dem die suspensionsgestützten Löcher hergestellt werden, in die die Injektionsschläuche eingeführt werden.

**c)** Nutzung des Geschiebemergels als dichtende Sohle Aufgrund der Bautiefenverhältnisse wird nur in kleineren Bereichen (z. B. die zusätzliche Unterkellerung des Weinhauses Huth) die vorhandene natürliche, quasi-wasserundurchlässige Geschiebemergelschicht zur horizontalen Abdichtung der Baugrube im Zusammenhang mit seitlichen Dichtwänden verwendet. Abbildung 4 zeigt prinzipiell die Auslegung einer solchen Konstruktion.

## **6 Umschließungswände**

Bei der Erstellung der Umschließungswände wurde zunächst bei einer der etwas flacheren Baugruben Stahlspundwände eingerüttelt. Beim Durchhörtern der Geschiebemergelschicht erwies sich die Verwendung von Spülhilfen als sehr nützlich. Vereinzelt Bohlen konnten dennoch nicht auf Tiefe gebracht werden; zur Ausbesserung dieser Fehlstellen wurden Hochdruckinjektionen durchgeführt. Das beabsichtigte Einrütteln von Stahlpfahlwandprofilen wurde aufgrund dieser Erfahrungen fallengelassen. Statt dessen wurden die Profile in Dichtwände eingestellt, die in Schlitzwandtechnik ausgehoben wurden. Diese Technik und die Herstellung von Ortbetonschlitzwänden haben sich als für die anstehenden Böden (insbesondere die Geschiebemergelschicht und die darüber anstehende Geröllage) als zweckmäßig herausgestellt. Ein Exemplar der im Geröll vereinzelt angetroffenen Findlinge ist in Abbildung 5 dargestellt.

## **7 Bodenaushub**

Der Aushub des anstehenden Baugrunds für das Bauvorhaben am Potsdamer Platz erfolgt auf zwei Arten :

**1.** Der über dem Grundwasser liegende Boden kann mit herkömmlichen Erdbaumaschinen gelöst und zur zentralen Sammelstelle gebracht werden.

**2.** Der unter dem Grundwasserspiegel befindliche Boden kann mit herkömmlichen Erdbaugeräten nicht durchgeführt werden. Bei dem Aushub ist folgenden Anforderungen zu genügen :

**a)** Maximale Hubtiefe unter Wasser von rd. 15 m

**b)** Lösegerät auf Ponton oder Stelzen.

**c)** Aushub von Sanden und Geschiebemergel. (Der stellenweise feste bis sehr feste Geschiebemergel stellt hier eine besondere Schwierigkeit dar.)

**d)** Als Vorbereitung für die Herstellung der Unterwasserbetonsohle müssen in Tiefen von bis zu 15 m unter Grundwasserspiegel Feinstanteile entfernt werden, die sich auf dem Planum absetzen, um u. a. der Entwicklung einer "Schlammwalze" entgegenzuwirken, die vor der Front des Unterwasserbetons hergeschoben wird. Erfahrungsgemäß können solche "Schlammwalzen" vom Unterwasserbeton überrollt werden, was zu Fehlstellen im Betongefüge führt. Der Unterwasseraushub eines ersten Bereiches konnte erfolgreich abgeschlossen werden. Der Aushub des Geschiebemergels wurde von einem Hydrauliktieflöffelbagger auf einem Stelzenponton durchgeführt; der Bagger wurde über Satellitennavigation in seiner Lage geortet und der Aushub wurde mittels EDV kontinuierlich protokolliert. Abbildung 6 zeigt die Unterwasseraushubarbeiten. Die bei mehreren Bauvorhaben im Bereich Potsdamer Platz / Leipziger Platz zu bewegendem Erdmassen werden an zentraler Stelle auf dem alten Potsdamer Bahnhof zwischengelagert, evtl. aufbereitet und dann per Bahn zum Endlager befördert. Hierzu ist eine Logistikgesellschaft gegründet worden.

## **8 Pfähle zur Rückverankerung und Unterwasserbetonsohle**

Zur Rückverankerung der Unterwasserbetonsohle und auch der Konstruktionssohle werden nach Freilegen der Aushubsohle von einem Ponton aus in einem Raster von ca. 3 m Pfähle eingebracht. Die Länge der Pfähle muß so dimensioniert werden, daß a) die Auftriebskräfte mit einer ausreichenden Sicherheit über Mantelreibung in den anstehenden Baugrund (Sand) geleitet werden und daß b) ein ausreichend schwerer Bodenkörper als Ballast gegen die Auftriebskräfte mobilisiert wird. Unter den aufgehenden "schweren" Gebäuden müssen die Pfähle die Lasten aus Auftrieb nur temporär aufnehmen. In Bereichen, wo keine "schwere" Bebauung vorgesehen ist (wie z. B. unter der geplanten Piazza und den Straßenzügen), müssen die Zugpfähle dauerhaft wirksam bleiben. Zur Einschätzung des Tragverhaltens verschiedener Pfahltypen in unterschiedlichen Bodenarten und in unterschiedlichen Tiefenlagen ist ein Programm von Probelastungen an Rüttelinjektionspfählen mit gutem Erfolg durchgeführt worden. Unterwasserbeton wird über Schüttrohre, die knapp bis über das Planum ins Wasser gelassen werden, eingebracht. Im allgemeinen wird ein Teilabschnitt am Stück ohne Arbeitsfugen betoniert. Betonrezeptur, Schüttgeschwindigkeit und Betonierablauf müssen aufeinander abgestimmt sein, um z. B. die Entmischung des Betons mit Kiesnesterbildung und unplanmäßigen Arbeitsfugen zu verhindern. Es ist geplant, bei der Herstellung der Unterwasserbetonsohle Stahlfaserbeton zu verwenden. Die ersten Betonierabschnitte stehen in der ersten Hälfte dieses Jahres an.

## **9 Qualitätssicherung**

Als Ergebnis der Betrachtungen zur Wahrscheinlichkeit von Störungen wird eine vorbeugende Qualitätssicherung konsequent betrieben. Hierfür wurde ein detailliertes Controlling-Programm (Checkliste) erarbeitet, das folgende Elemente enthält: vor Ort werden Ingenieure eingesetzt, die die Belange der Qualitätssicherung verfolgen. Bereits im Vorfeld überprüfen diese die Ausführungsvorgaben, um die sichere Machbarkeit zu bestätigen. Beim Unterwasserbeton werden dabei unter Zuhilfenahme von Tauchern kritische Bauphasen wie z. B. die Kontrolle des Aushubniveaus, der Zugpfähle, des Betoniervorgangs einschließlich des

Absaugens von Schlammwalzen verfolgt. Hinzu kommt die Güteüberwachung nach Abschluß der jeweiligen Herstellung. Hierzu gehören die Abnahmeversuche an den seitlichen Verpreßankern und Probelastungen an den Zugpfählen der Sohle. Letztere stellen ein besonderes Problem dar, weil die Pfahlköpfe 15 m unter Wasser liegen. Weiterhin werden an ausgewählten Stellen baubegleitend u. a. die Verformungen der Baugrubenwände und des Baugrunds mittels Inklinometer-, Deflektometer- und Extensometermessungen verfolgt, während die sich einstellenden Ankerlasten durch elektrische Lastaufnehmer gemessen werden. Weiterhin sind Probelenzungen in den Teilabschnitten nach Fertigstellung der Trogkonstruktion zu nennen. Bisher wurde durchweg das von der Wasserbehörde geforderte Dichtigkeitsmaß von 1,5 l/s / 1.000 m<sup>2</sup> benetzter Baugrubenfläche eingehalten. Damit sind erfreulicherweise die im Vorhinein geplanten Maßnahmen zur Beseitigung eventueller Schäden nicht zur Anwendung gekommen.