

BAUGRUBE NÜRNBERG KAROLINENSTRASSE – EIN 20 M TIEFES NADELÖHR

ANDREAS BIEHLER
PST Spezialtiefbau Süd GmbH, Nürnberg

ZUSAMMENFASSUNG

Die Baugrube für das Kaufhaus Breuninger in der Nürnberger Innenstadt fällt mit Abmessungen von 100 * 60 m im Grundriss und mit einer Tiefe bis 20 m unter Gelände (bzw. 9 m tief ins Grundwasser) aus dem Rahmen üblicher Baustellen. Viele Verfahren des Spezialtiefbaues – aufgelöste und überschnittene Bohrpfehlwände, Düsenstrahlverfahren, Vernagelung, Anker und Wasserhaltung kamen für die Baugrubensicherung zum Einsatz. Ein mit Hunderten von Leitungen gefüllter Kabelkanal war inmitten des Baufeldes bis 10 m über Baugrubensohle schwebend zu erhalten. Äußerst beengte und schwierige Zufahrtsmöglichkeiten sowie Reste alter Baugrubensicherungen erschwerten die Arbeiten zusätzlich.

1 DAS PROJEKT

Im Herzen der Fußgängerzone in der Nürnberger Altstadt liegt das Baufeld, das im Süden von der Karolinenstraße (Fußgängerzone), im Norden von der Adlerstraße und im Osten vom Ebracher Gässchen begrenzt wird.

Das Baugrundstück war nachweislich seit dem 13. Jahrhundert bebaut. Hier lag der Ebracher Hof, Außenstelle und Stützpunkt der Zisterzienserabtei Ebrach. Bereits 1696 eröffnete Thurn + Taxis hier eine Poststelle. 1886 wurde das Fernsprechamt eröffnet und bis 1999 immer wieder erweitert und umgebaut.

Neue Technologien ermöglichen den Betrieb der Telekommunikationseinrichtungen auf einem Bruchteil der bisherigen Fläche, so dass 2/3 des wertvollen, innerstädtischen Grundstückes einer kommerziellen Nutzung zugeführt werden konnten.



Realisiert wurde der Neubau eines Kaufhauses mit 4 Ober- und 3 Untergeschossen, die Laden- und Büroflächen summieren sich auf 17'000 m². 300 Voll- und Teilzeitarbeitsplätze entstanden neu. In den Untergeschossen finden sich Parkplätze für ca. 100 PKW's. Den Auflagen der Stadt Nürnberg folgend musste die Haus- und Lüftungstechnik komplett unter die Erde verlagert werden, so dass über mehr als die Hälfte des Baufeldes ein Technikgeschoss unterhalb des 3. UG erforderlich wurde.

Der Neubau entstand nach Plänen des Nürnberger Architekturbüros Niederwörhmer + Kief, Bauherr war die SIREO, eine

Tochtergesellschaft der Deutschen Telekom. Nach der Fertigstellung wurde es von der DEKA Immobilien Investment GmbH übernommen. Das Investitionsvolumen betrug etwa 50 Mio €.

2 DIE GEOLOGIE

Nach dem Baugrundgutachten der LGA reichen die Auffüllungen und die Gebäude der Telekom bis 8 m unter Gelände. Darunter schließt sich mitteldichter Quartärsand an, in den bereichsweise dünne Schlufflagen eingeschaltet sind. Das Liegende bildet der Keuperfels, der in 6 bis 21 m Tiefe ansteht und ein starkes Relief aufweist. Dieser Fels besteht z.T. aus weichen bis festen Tonen, meist jedoch aus mürben bis harten Sandsteinen in die teilweise auch sehr harte Arkosen, sog. Quacken eingelagert sind. Unmittelbar über dem Keuper liegt eine Schicht aus auffällig grobkörnigem, sandig-steinigem Kies.

Das Grundwasser wird in 11 m unter GOK angetroffen. Zusammen mit dem Felsrelief zeigt sich eine „unterirdische Küstenlinie“ zwischen Zonen starker Durchlässigkeit und dem nahezu undurchlässigen Keuper.

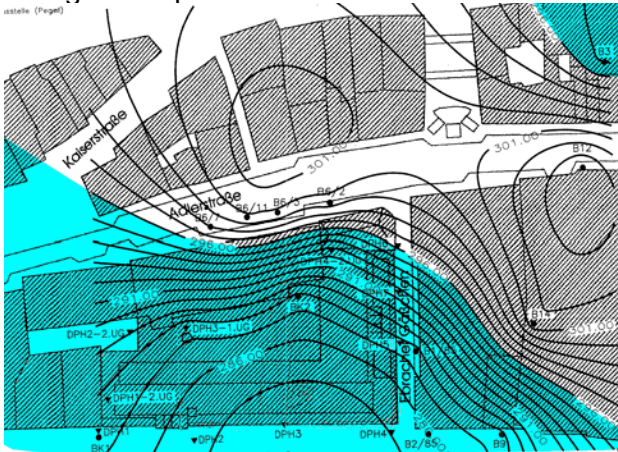


Bild 1:
Höhenlinien der Sandsteinoberfläche und die „Küstenlinie des Grundwassers“

3 DIE BAUGRUBE

Der Bauherr entschloss sich, die Erstellung der Baugrube vorab als separates Los auszuschreiben und zu vergeben, insbesondere weil abzusehen war, dass die Arbeiten mehrere Monate Bauzeit in Anspruch nehmen würden. Die Arbeitsgemeinschaft aus PST Spezialtiefbau GmbH, Keller Grundbau GmbH und Michael Reithelshöfer GmbH erhielt den Auftrag für ihren Sondervorschlag zur Ausführung der Baugrubensicherungs- und Erdarbeiten.

Im Wesentlichen waren zwei Aushubniveaus zu erreichen: ein höhergelegenes Niveau bei -13,50 m und die Tieftteile der Baugrube mit einer Tiefe von -16,50 bis max. 20,00 m unter Gelände.



Bild 2:
Baugrubenkonzept
Weiß: Im Schutz der Wasserhaltung

Blau: Tiefteile wasserdicht umschlossen

In den flacheren Bereichen erfolgte die Baugrubensicherung mit aufgelösten Pfahlwänden aus Bohrpfählen \varnothing 75 cm, die mit Spritzbeton ausgefacht wurden. Die Pfähle wurden vom Straßenniveau aus gebohrt, bis 1,50 m unter GOK wurde ein Steckträgerverbau ausgeführt und nach Abschluss der Bauarbeiten zurückgebaut. Drei Ankerlagen mit Gebrauchslasten bis 800 kN nahmen den Erddruck auf.

20 Brunnen mit einer Tiefe von 20 m unter Gelände senkten das Wasser um ca. 3 m ab, um das obere Aushubniveau trocken zu halten.

Die Tiefteile mussten mit einer überschnittenen Bohrpfahlwand, die bis in die stark wechselnde Keuperoberfläche abzubohren war, wasserdicht umschlossen werden. Die Herstellung dieser Pfahlwände erfolgte im Endlosschneckenverfahren ab dem Niveau -13,50 m. Eine weitere Ankerlage nahm den Erd- und Wasserdruck auf.



Bild 2.1:
Bohrgerät mit Endlosschnecke \varnothing 75 cm

Innerhalb der Pfahlwand wurde eine Restwasserhaltung mit weiteren Brunnen, Drainagen und Pumpensämpfen betrieben.

Die Sicherung der angrenzenden Gebäude erfolgte mit ebenfalls mehrlagig rückverankerten Düsenstrahlkörpern. Die Herstellung dieser Unterfangung gestaltete sich besonders schwierig, weil sie zum großen Teil parallel und begleitend zum Abbruch der Untergeschosse erfolgen musste. In den Tiefteilen wurden die Düsenstrahlkörper ebenfalls wasserdicht in den Keupersandstein eingebunden. Die bei der Herstellung anfallende Rücklaufsuspension wurde regeneriert und zur Produktion wieder verwendet.



Bild 2.2:
Mischanlage, Hochdruckpumpe und Regenerierung
für das Düsenstrahlverfahren

4 DER KABELKANAL

Quer durch die geplante Baugrube führt ein Kabelkanal, der eine Vielzahl von Telefonleitungen aus dem Gebäude der Telekom an der Adlerstraße in Richtung Süden aufnimmt. Das Umlegen dieser Leitungen hätte einen enormen finanziellen Aufwand erfordert und das Projekt um mindestens 2 Jahre verzögert. Man entschloss sich daher, den Kabelkanal in das neue Gebäude zu integrieren. Das erforderte eine temporäre Abstützung des Bauwerks für die Bauzeit, weil dessen Unterkante bis 10 m über der geplanten Baugrubensohle lag.

Eine genaue Bestandsaufnahme ergab, dass der Tunnel aus einem Flickwerk einzelner Beton- und Mauerwerksteile bestand. Die Fugen in Bodenplatte, Wänden und Decke waren willkürlich verteilt. Teile der Bodenplatte erwiesen sich als unbewehrt.

Auf Grundlage der Bestandsermittlung und unter Berücksichtigung der Erfordernisse des Neubaus entwickelte das Ingenieurbüro Breitschaft & Partner (Nürnberg) eine technische Lösung für die Aufständigung des Kabelkanals auf Bohrpfählen. In Abhängigkeit von den verschiedenen Fugen wurden die Abfangeträger angeordnet. Nach der Freilegung des Kabelkanals wurden diese unter der Bodenplatte durchgeschoben und auf den Pfählen verkeilt, die vorab rechts und links des Bestandes hergestellt worden waren.



Bild 3:
IPB-Träger werden unter dem Bauwerk durchgeschoben

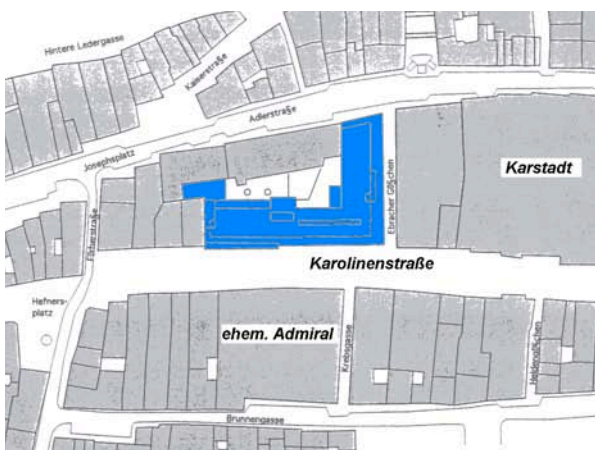
Beim anschließenden Aushub musste der Kabelkanal vorsichtig von Anbauten getrennt werden. Zwischen den Pfählen erfolgte der Aushub mit besonderer Sorgfalt, im Bereich der Hauptzufahrt wurde ein Anprallschutz montiert.



Bild 4:
Die freigelegten Pfähle tragen den Kabelkanal

5 LAGE UND ZUFAHRT

Die Baustelle grenzt auf einer Länge von 90 m an die Karolinenstraße an, die jedoch als Fußgängerzone für die Andienung der Baustelle nicht in Frage kam. Die Ver- und Entsorgung musste daher über die Adlerstraße abgewickelt werden. Als enge Sackgasse kann die Adlerstraße an mehreren Stellen nur einspurig befahren werden, zudem dient sie als Zufahrt zu einem großen innerstädtischen Parkhaus und als Anlieferungsstrecke für benachbarte Kaufhäuser und Banken.



Lage der Baustelle in Nürnberg

Bild 5:

Über diese Zufahrt musste der Abtransport von ca. 50'000 m³ Aushub (darunter 27'000 to Bauschutt) und der Antransport der benötigten Geräte und Materialien (u.a. 2'000 m³ Pfahlbeton und 100 to Bewehrungskörbe) realisiert werden.



Bild 6:
Einfahrt zur Baustelle (Ebracher Gässchen)



Bild 6.1:
Auch die Bohrgeräte wurden über die Rampe eingefahren

Die Ausschreibung sah vor, die Andienung zunächst über eine Rampe vom Ebracher Gässchen aus vorzunehmen. Für die Herstellung der unteren, überschnittenen Pfahlwand und den Restaushub hätte diese Rampe jedoch nicht mehr zur Verfügung gestanden. Stattdessen wäre eine senkrechte Förderung sämtlicher Geräte und Materialien über einen Höhengsprung von ca. 13 m erforderlich gewesen.

Der Sondervorschlag der PST Spezialtiefbau sah an dieser Stelle vor, eine Rampe anzulegen, die für nahezu die komplette Bauzeit bis in die Rohbauphase hinein zur Verfügung stehen sollte. Hierzu wurde eine aufgelöste Bohrpfahlwand hergestellt, deren Oberkante in Rampenneigung abgetreppt war. Ab dem Grundwasserspiegel erfolgte die Ausfachung mit Düsenstrahlkörpern.

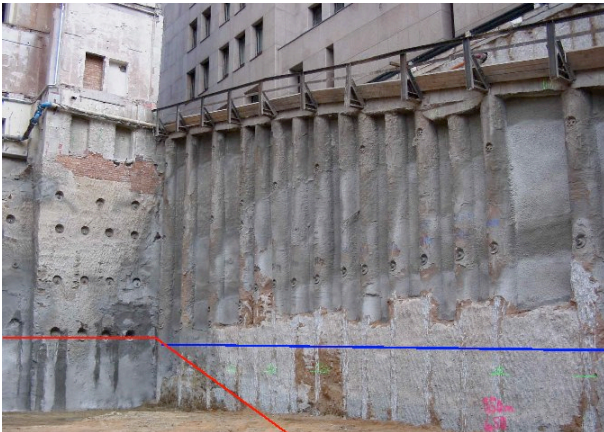


Bild 7:
Bohrpfahlwand entlang der Rampe.
rot: Felshorizont, blau: Grundwasser

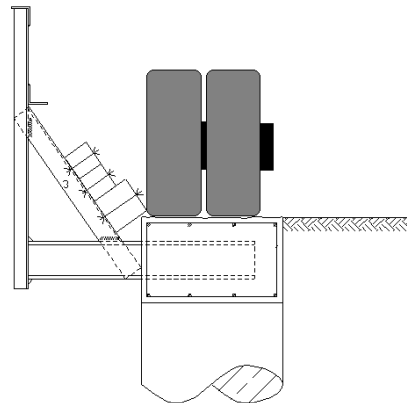
Die Rampe war an der Ostseite durch eine bereits vorhandene Bohrpfahlwand aus dem Nachbarprojekt, an der Westseite durch den geplanten Neubau begrenzt. Der Kopfbalken für die Pfahlwand musste daher befahrbar ausgelegt werden, Anprallschutz, Radabweiser und Absturzsicherung wurden seitlich auskragend angefügt.

Die befahrbare Breite der 40 m langen Rampe betrug nur ca. 3,20 m, trotzdem fuhren LKW-Fahrer unseres ARGE-Partners Michael Reithelshöfer (Roth b. Nürnberg) mit Sattelzügen die steile Abfahrt rückwärts hinunter, wenn dies erforderlich war.

Auf dem Foto erkennt man rechts den befahrbaren Kopfbalken, Anfahrtschutz und Geländer hängen seitlich daran und schweben über der hier 13 m tiefen Baugrube. Selbstverständlich wurden alle Stahlbauteile für die Anpralllasten dimensioniert.



Bild 8:
Rampe mit Absturzsicherung



6 DIE ALTE SPUNDWAND

Im Bereich des späteren Treppenhauses an der Karolinenstraße musste die Baugrube aus Platzgründen ab OK Straße wasserdicht abgesperrt werden. Geplant war hier eine überschnittene Pfahlwand aus Pfählen \varnothing 750 mm mit einer Tiefe von 24 m. Später sollte in der Rohbauphase ein Kran auf den Pfählen aufgestellt werden.

Bei der Herstellung der Bohrschablone wurde hier in 2 m Tiefe völlig überraschend eine Spundwand angetroffen. Aus früheren Baumaßnahmen (die Gebäude der Telekom reichten immerhin bis 8 m unter Gelände) waren Reste der Baugrubensicherung im Boden verblieben. Ein sehr tief reichender, massiv bewehrter Betonlichtschacht verhinderte hier jede Ausweichmöglichkeit.

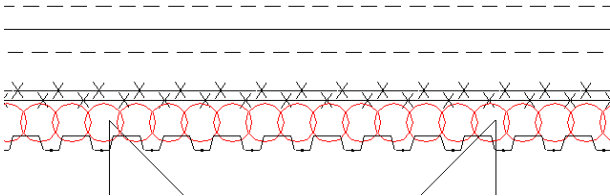


Bild 9:
Geplante Bohrpfahlwand entlang dem vorh. Lichtschacht und verbliebene Spundwand

Genauere Nachmessungen und ein In-Situ-Test zeigten, dass Pfähle \varnothing 600 mm jeweils in den „Spundwandtälern“ Platz finden würden. Mit dieser Vorgabe entwickelte die Projektleitung der PST Spezialtiefbau ein Lösungskonzept: Bohrpfähle wurden in Abständen von jeweils 3 Tälern (1,80 m) hergestellt. Die Spundwände wurden mit exakt zugeschnittenen, imprägnierten Verbauhölzern festgehalten, die Hölzer anschließend mit Spritzbeton abgedeckt.

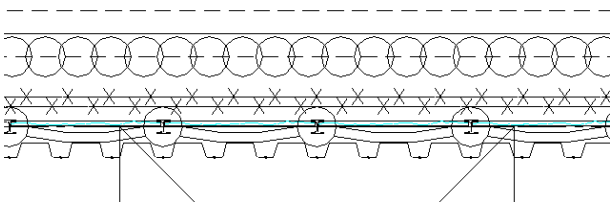


Bild 10:
Lösung: Aufgelöste Bohrpfahlwand mit vorgesetzter überschnittener ADW-Pfahlwand

Für den Restaushub ab -12,30 m musste eine wasserdicht überschnittene Pfahlwand System PST ADW aus Bohrpfählen \varnothing 500 mm baugrubenseitig vor die aufgelöste Wand gestellt werden.

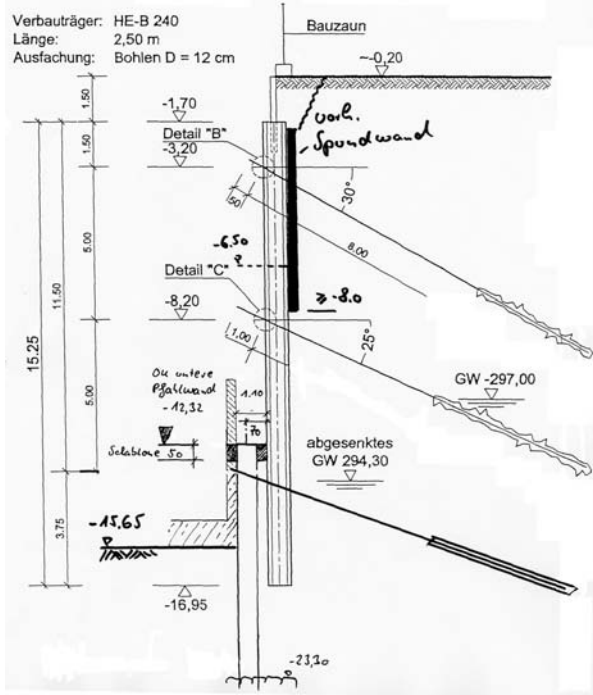


Bild 11:
Lösung: Schnitt

Der Hochbaukran wurde schließlich über einen Jochträger auf die durch Verschwertungen ausgereiften Steckträger in den Pfählen gestellt und die Wand anschließend begrünt.



Bild 12:
Hochbaukran balanciert auf den Steckträgern.

7 VORHANDENE LEITUNGEN

Eine Vielzahl vorhandener Leitungen der Telekom und der anderen Versorgungsträger erzwang immer wieder Änderungen des ursprünglichen Baugrubenkonzepts.



Bild 13:
Steckträger aus Pfählen neben vorhandenen Leitungen.

Zwei Kabelschächte, die in der Trasse der aufgelösten Pfahlwand lagen, konnten nicht versetzt werden, sondern wurden mit Düsenstrahlkörpern unterfangen. Um einige Zentimeter für den Neubau zu gewinnen wurde die baugrubenseitige Außenwand der Kabelschächte abgebrochen und versetzt neu aufgemauert. Die Schächte mussten mit Stahlträgern und Zugstangen an den Steckträgern der benachbarten Pfähle verankert werden, um das Kippen zu verhindern.

Die Düsenstrahlkörper wurden von Oberkante der Schächte aus hergestellt, auf dem Bild ist gut zu erkennen, dass die einzelnen Körper zylinderförmig gedüst werden und im Zuge des Aushubs auf Sollmaß abgefräst werden müssen.



Bild 14: Unterfangung der Kabelschächte.

8 EINE JOOSTEN - INJEKTION

Die Unterfangung der angrenzenden Gebäude wurde von unserem ARGE-Partner Keller Grundbau mit Düsenstrahlkörpern ausgeführt. Dabei wurde an der Westseite des Baufeldes eine Injektionsunterfangung entdeckt, die offensichtlich aus einer früheren Baumaßnahme herrührte. Recherchen im Archiv des Bodengutachters, der LGA Nürnberg ergaben, dass 1960 hier erstmals eine chemische Injektion nach dem Joosten-Verfahren ausgeführt worden war. Vorher waren Versuche gescheitert, die Unterfangung in den hier sehr kohäsionslosen Sanden konventionell per Hand herzustellen. Der Bericht bescheinigte den Erfolg der damaligen Maßnahme.

Aus dem Unterfangungskörper wurden Bohrkerns gezogen und untersucht. Die Festigkeit war auch 40 Jahre nach der Herstellung noch so hoch, dass eine Abdeckung mit Spritzbeton (gegen die Erosion) ausreichte, die Unterfangung belassen und wie geplant verankert werden konnte.



Bild 15:
Unterfangung Joosten mit Spritzbeton im Hintergrund.

9 EIN VOLLER ERFOLG

Die ARGE Baugrube Karolinenstraße aus den Firmen PST Spezialtiefbau, Keller Grundbau und Michael Reithelshöfer konnte die Baugrube innerhalb der vereinbarten Termine an den Bauherrn übergeben.

Insgesamt wurden 400 Pfähle mit einer Gesamtlänge von 3'800 m hergestellt, 430 Anker hielten den Erdruck zurück. 2'500 m³ Düsenstrahlkörper wurden bis 8 m hoch zur Unterfangung eingebaut. Zur Grundwasserabsenkung dienten 20 Brunnen. 50'000 m³ Aushub, davon 27'000 to Bauschutt mussten abgefahren werden.

Die komplizierten Arbeiten wurden unfallfrei ausgeführt, an den Nachbargebäuden konnten Setzungen und Schäden zuverlässig vermieden werden.

Unser besonderer Dank gilt den Vertretern der Bauherrschaft, insbesondere der Vertreterin des Bauherrn, Frau Klaußner von SIREO und den Herren Härle und Göhring vom bauleitenden Architekturbüro Kappes + Scholz für die gute Zusammenarbeit.



Bild 16:
Blick in den Ostteil der Baugrube mit dem Kabelkanal.

Informationen über die beteiligten Firmen können im Internet abgerufen werden:

PST Spezialtiefbau Süd GmbH: www.pst-sued.de
Keller Grundbau GmbH: www.kellergrundbau.com
Michael Reithelshöfer GmbH: www.reithelshoefer.de

Quellen:

Bodengutachten der LGA
Ausarbeitung Niederwöhrmeier + Kief zum Denkmalschutz