

Neubau HafenCity Universität Hamburg – Symbol für Baukunst am Wasser

Teil 1: Tiefbau

Die HafenCity Universität (HCU) wurde zum 1. Januar 2006 als neue Universität für Baukunst und Metropolenentwicklung durch Zusammenlegung der vier Fachbereiche Architektur, Bauingenieurwesen, Geomatik und Stadtplanung gegründet. Unmittelbar an der Elbe gelegen bietet der Neubau im neuen Stadtteil HafenCity auf ca. 30 000 m² Bruttogeschossfläche unter einem Dach Platz für ca. 1 400 Studierende und ca. 180 Mitarbeiter sowie diverse zentrale Einrichtungen.

Im Entwurf der Architekten code unique spiegeln sich der besondere Charakter und die Kernkompetenzen der HCU wider. Der skulpturale, fugenlose Baukörper in Stahlbetonskelettbauweise gliedert sich in zwei oberirdische, durch ein zentrales Foyer verbundene Gebäuderiegel von jeweils über 100 m Länge sowie den gemeinsamen eingeschossigen Warftsockel als Hochwasserschutz. Das zentrale Foyer wird umschlossen von den filigranen Stahlkonstruktionen des Atriumdaches sowie der West- und Ostfassade.

Insbesondere die großen Spannweiten und gestaltprägenden Auskragungen, die nahezu vollständige Sichtbarkeit der fugenlosen Betonkonstruktion, die Schiefwinkligkeit der Gebäuderiegel in sich und zueinander sowie auch die Verschiedenheit der übereinander gestapelten Nutzungen erforderten innovative Lösungen bei der Tragwerksplanung.

Zusätzliche Anforderungen ergaben sich aus den allseits restriktiven Besonderheiten des Standortes, dem knappen Budget sowie der aufwändigen Abstimmung des Bausolls mit allen Beteiligten unter Berücksichtigung einer besonderen Nachhaltigkeit und der aus terminlichen Gründen weitgehend parallel tätigen Gewerke.

Der Umzug in den architektonisch wie tragwerksplanerisch anspruchsvollen Neubau soll im Wintersemester 2013/14 erfolgen.

Keywords Baukörper, fugenlos; Stahlbetonskelettbauweise; Tragwerksplanung; Nachhaltigkeit

1 Einleitung

Die HafenCity Universität (HCU) wurde auf der Grundlage eines Senatsbeschlusses aus dem Jahr 2004 zum 1. Januar 2006 als neue Universität für Baukunst und Metropolenentwicklung durch Zusammenlegung der vier Fachbereiche Architektur, Bauingenieurwesen, Geomatik und Stadtplanung gegründet. Diese vier Fachbereiche

New building, HafenCity University Hamburg – Symbol for architecture on the waterfront – Part 1: Substructure

The HafenCity University (HCU) was founded on 01.01.2006 as a new University of the Built Environment and Metropolitan Development combining the four faculties of Architecture, Structural engineering, Geomatics and Urban planning.

Situated directly on the River Elbe, the new building in the new HafenCity district offers space for some 1 400 students and 180 staff as well as diverse central facilities consolidated on a gross floor area of about 30 000 m².

The design by architects code unique reflects the special character and core competencies of the HCU. The sculptural, jointless structure in reinforced concrete frame construction is divided into two above-ground wings with a length of over 100 m each, connected by a central atrium as well as the shared single-storey plinths floor (so-called "Warftsockel") designed as flood protection. The central foyer is enclosed by the filigree steel constructions of the atrium roof as well as the west and east façades.

In particular the wide spans and distinctive projections, the practically complete visibility of the jointless concrete construction, the oblique angles of the building's wings in themselves and in relation to each other, as well as the diversity of utilisations stacked on top of one another, demanded innovative solutions for the structural engineering.

Additional challenges were presented by the all-round restrictive characteristics of the site, the tight budget, as well as the complexity of getting agreement on the building target among all parties concerned – taking into account a particular demand for sustainability – and the largely parallel building activities necessary due to scheduling reasons.

The removal into the new building, ambitious in both architectural and structural design planning terms, will take place in the winter semester 2013/14.

Keywords jointless structures; reinforced concrete frame construction; structural engineering; sustainability

waren bislang auf drei verschiedene Hochschulen im Hamburger Stadtgebiet verteilt.

Der als Projekt 54 des neuen Stadtteils HafenCity direkt an der Elbe gelegene Neubau bietet auf ca. 30 000 m² Bruttogeschossfläche (BGF) unter einem Dach Platz für ca. 1 400 Studierende, ca. 180 Mitarbeiter und diverse zentrale Einrichtungen.



Bild 1 Visualisierung Wettbewerbsentwurf code unique Architekten, Ansicht von Westen
Rendering of competitive design by architects code unique, western view



Bild 2 Visualisierung Wettbewerbsentwurf code unique Architekten, Bauteil Süd
Rendering of competitive design by architects code unique, south section

Um den besonderen Charakter und die Kernkompetenzen der HCU auch baulich geeignet zum Ausdruck bringen zu können, wurde auf der Grundlage eines internationalen städtebaulichen Wettbewerbs für die Architektur des Neubaus in 2006 ein internationaler hochbaulicher Realisierungswettbewerb ausgelobt, den die Architekten code unique aus Dresden im Februar 2007 für sich entscheiden konnten.

Auf dieser Grundlage wurden bis Ende April 2008 die Bauantragsunterlagen ausgearbeitet. Besonderes Augenmerk wurde auf die Einhaltung des Budgets sowie auf die Nachhaltigkeit gelegt. Für das Gebäude ist das HafenCity Umweltzeichen in Gold für „Nachhaltigkeit im Bau“ beantragt.

Der von code unique entworfene fugenlose Baukörper umfasst insgesamt, einschließlich des Foyerlufttraums, ca. 145 000 m³ BRI und gliedert sich in zwei oberirdische, durch ein zentrales Foyer verbundene Gebäuderiegel mit ca. 24 000 m² BGF sowie den gemeinsamen eingeschossigen Warftsockel mit ca. 7 000 m² BGF. Dieser stellt den erforderlichen Hochwasserschutz des außerhalb der Hamburger Hauptdeiche gelegenen Gebäudes sicher und wird u. a. als Tiefgarage genutzt. Wesentliche Bauteile werden als sichtbare Stahlbetonskelettkonstruktion ausgeführt.

Das Tragwerk des sechsgeschossigen, straßenseitigen Nord-Riegels mit einer Länge von ca. 106,0 m und einer Breite von ca. 11,5 bis 21,5 m ist geprägt durch große Spannweiten, weite Auskragungen an beiden Enden und die Verschiedenheit der übereinander gestapelten Nutzungen. Auch im fünfgeschossigen, wasserseitigen Süd-Riegel von ca. 145,0 m Länge und von ca. 12,5 bis 25,0 m Breite prägen große Spannweiten und verschiedene übereinander gestapelte Nutzungen insbesondere eine große Auskragung der Süd-West-Ecke die Gestalt. Bemerkenswert ist die Schiefwinkligkeit der beiden Gebäuderiegel in sich und zueinander. Das die Riegel verbindende zentrale Foyer zeichnet sich u. a. durch die Dachkon-

struktion und die West- und Ostfassade als architektonisch besonders gestaltete, filigrane Stahlkonstruktionen aus.

Im Zuge der Planung war insbesondere die Abstimmung mit der HafenCity Hamburg GmbH (HCH) als Grundstücksverkäufer und Träger der allgemeinen Infrastrukturmaßnahmen, der Hamburger Hochbahn (HHA) als Bauherr der nördlich angrenzenden neuen U-Bahnlinie U4 und der Hamburg Port Authority (HPA) als Eigentümer der wasserseitigen Kaimauern erforderlich. Nach weitestgehendem Abschluss der intensiven Abstimmung zwischen der Behörde für Wissenschaft und Forschung als Bauherr und der HCU als Nutzer konnte mit der Baugrube und der 610 Teilverdrängungsbohrpfähle umfassenden Gründung Ende 2010 begonnen werden. Der Beginn der Rohbauarbeiten für den Hochbau wurde wegen der tideoffenen Baugrube bewusst in die hochwasserfreie Zeit gelegt und von April 2011 bis Herbst 2012 zum Abschluss gebracht. Um den Vorlesungsbetrieb zum Wintersemester 2013/14 aufnehmen zu können, musste mit den empfindlichen Ausbau- und Fassadenarbeiten bereits vor Fertigstellung des Rohbaus begonnen werden. In der hierzu erforderlichen intensiven Koordination und detaillierten technischen Abstimmung der einzelnen Gewerke und ihrer Bauzustände lagen weitere Herausforderungen für das Projekt, die im Team gelöst werden konnten.

2 Besonderheiten des Standortes

2.1 Lage und Historie

Das Baugrundstück an der heutigen Überseeallee (ehem. Versmannstraße) liegt direkt an der Elbe im Bereich des ehemaligen Großen Grasbrook, einer außerhalb der Stadtbefestigung gelegenen, sumpfig-marschigen Insel mit Geländehöhen um ca. NN +0,00 m [1, 2]. Zum Schutz gegen Hochwasser wurde das Gelände, insbesondere zwischen ca. 1850 und 1910, mit Baggergut aus der Elbe bis auf ca. NN +4,50 bis NN +5,50 m aufgehöhht. Das heutige



Bild 3 Hamburger Stadtbefestigung zur Zeit des 30-jährigen Krieges
Hamburg's fortification at the time of the Thirty Years' War

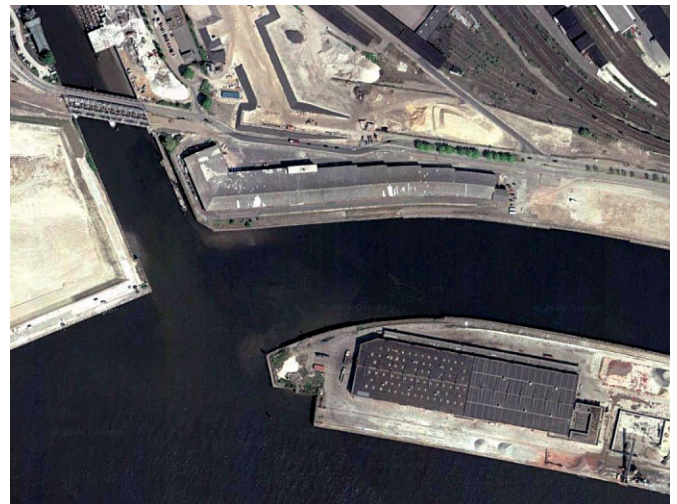


Bild 4 Luftbild vor Abriss der Altbebauung
Aerial view before demolition of the former buildings

lokale Umfeld wurde im Wesentlichen zwischen 1870 und 1890 gestaltet.

Im Süden grenzt das Grundstück heute an den Baakenhafen. Die als Versmannkai bezeichneten Kaianlagen (s. Abschn. 2.4) am Nord-West-Ufer des tide- und sturmflutbeeinflussten Baakenhafens wurden 1888–1889 errichtet und liegen mit ihrer Oberkante auf ca. NN +5,50 m, das Hafenbecken weist Solltiefen bis NN –7,50 m bzw. NN –8,60 m auf.

1881 trat Hamburg dem Reichszollgebiet bei, woraufhin Bismarck die Errichtung eines Freihafens als Gegenleistung zusicherte. Auf der Grundlage des Generalplans des Hamburger Hafens von 1883 wurde ab 1885 die Speicherstadt in mehreren Bauabschnitten errichtet. Das Areal um das Baugrundstück war im Afrika-Handel von Bedeutung, am Versmannkai wurden unter staatlicher Verwaltung Waren aus dem Mittelmeerraum, England und Ost-Afrika umgeschlagen. Dazu wurden 1897 die Fruchtschuppen A und B errichtet. Bis zu ihrer Zerstörung in den letzten Kriegsjahren wurden die Schuppen in mehreren Schritten erweitert bzw. umgebaut und auch der Versmannkai in diesem Zusammenhang 1927/28 verstärkt. Das Gelände lag anschließend bis zur Wiederaufnahme des Afrika-Handels Anfang der 1950er-Jahre brach, 1953 wurde dann auf dem Areal der Schuppen 22 in seinen Teilen a bis c neu errichtet. Diese Nutzung währte bis zum Beginn des Containerhandels und des aus politischen Gründen Mitte der 1980er-Jahre stark rückläufigen Afrika-Handels. Von 1973 bis zum Abriss im Jahre 2006 war die Hamburger Hafen und Logistik AG (HHLA) der letzte Nutzer der Schuppen 22 a–c.

Entlang der Kaimauer des Versmannkais verläuft zukünftig der Elbuferwanderweg, u. a. aus diesem Grund ist eine wasserseitige Promenade von 12,0 m Breite vorgesehen, welche im Osten an den Lohsepark bzw. die neue Baakenhafenbrücke anschließt.

Der das Grundstück im Osten begrenzende ca. 4 ha große Lohsepark sucht Anklänge an den Central Park von New York und wird sich ausgehend vom Ericusgraben im Norden über drei Höhengniveaus gestaffelt bis hin zum Baakenhafen im Süden erstrecken. Dort wird die Höhenlage der bestehenden Kaianlagen des Versmannkais von NN +5,50 m bzw. der Promenade aufgenommen. Der Name Lohsepark ist in Erinnerung an den Architekten und Ingenieur HERMANN LOHSE (1815–1893) gewählt, welcher in den 1870er-Jahren für die Errichtung des ehemals im Areal befindlichen Venloer bzw. Hannoverischen Bahnhofs [2] verantwortlich war.

Die im Norden befindliche, für die Erschließung der HafenCity hochwassersicher aufgehöhte Überseeallee ist heute als Hauptverkehrsstraße und als 2. Rettungsweg der HafenCity von übergeordneter Bedeutung. Die Erschließung des Grundstücks und die Feuerwehrezufahrt erfolgen ebenfalls von hier. In der Straße sind zahlreiche Leitungstrassen konzentriert. Unterhalb der Überseeallee und in bis zu 15,0 m Abstand zur HCU verläuft bereichsweise die neue U-Bahnlinie U4 (s. Abschn. 2.5). Im Westen an der exponierten Ecke zwischen Baakenhafen und Magdeburger Hafen grenzt eine Investorenbebauung an, die erst nach Fertigstellung der HCU errichtet werden wird.

2.2 Baugrund

Die vorgefundene Geländeoberkante auf dem Baufeld variierte in ihrer Höhe zwischen ca. NN +4,90 m und NN +6,50 m. Das Urgelände lag jedoch bei ca. NN +0,00 m, der darüber liegende Boden war über die Jahrhunderte aufgespült bzw. aufgefüllt worden. Der nicht gewachsene Boden bestand aus unregelmäßigen Lagen aus Sanden und aufgefüllten Kleischichten, jeweils durchmengt mit Bauschutt, Ziegel- und Betonbruch, Asphalt- und Schlackeresten.

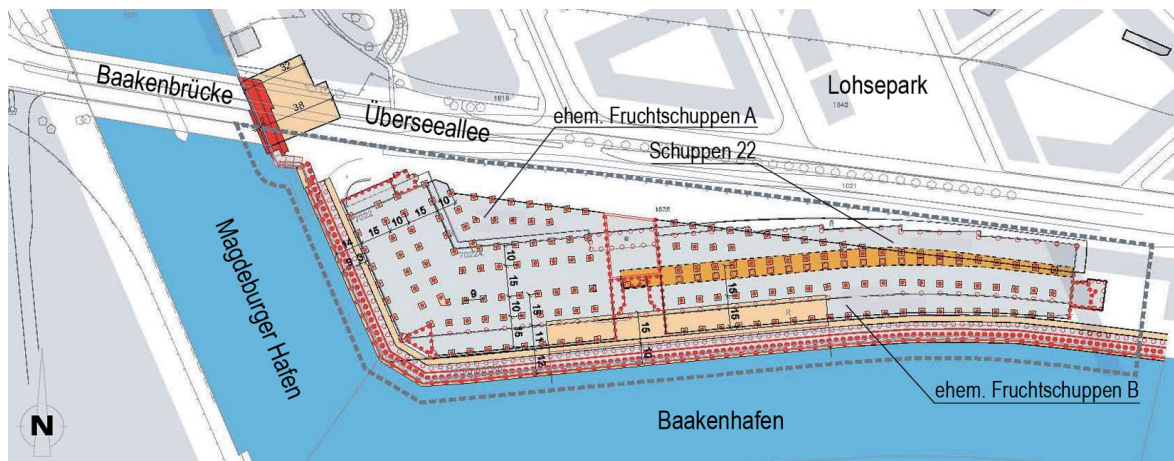


Bild 5 Lageplan Baufeld mit Restriktionen aus der Altbebauung
Site plan with restrictions imposed by older construction

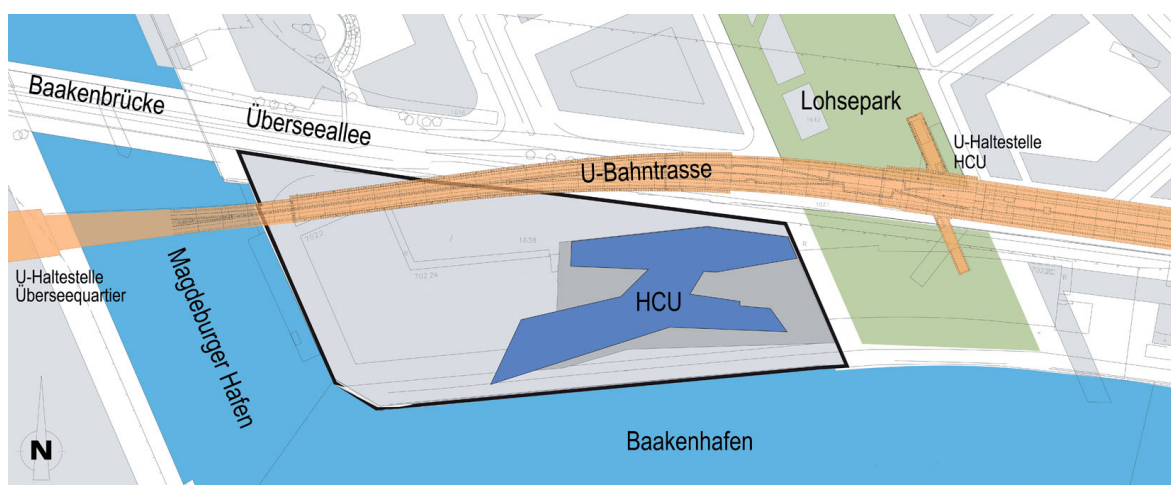


Bild 6 Lageplan Neubau HCU mit U-Bahntrasse
Site plan of new HCU building with underground railway line

Auf den Höhen des Urgeländes standen gewachsene Weichschichten aus Klei und Torf in stark unterschiedlicher Mächtigkeit von bis zu 7,0 m an, sodass eine Pfahlgründung erforderlich wurde. Darunter folgten Wechselagerungen aus Elbsanden und Klei, ebenfalls in stark streuenden Schichtdicken. Als für größere Lasten ausreichend tragfähig erwiesen sich erst die ab einer Tiefe von ca. NN -9,00 m unterlagernden, vergleichsweise homogen eiszeitlichen Sande. Diese bestanden zunächst aus feinsandigen Mittelsanden und wurden in zunehmender Tiefe grobsandig mit kiesigen Beimengungen. Unterlagert werden die Sande in einer Tiefe von ca. NN -24,50 m von Geschiebemergel.

Aufgrund der vielfältigen Vornutzung des Grundstücks war von zahlreichen teils bekannten, teils unbekanntem Bauwerksresten, Pfählen und sonstigen Hindernissen auszugehen. Eine Dokumentation zur Bebauung mit den Fruchtschuppen A und B bzw. dem Schuppen 22 a-c lag glücklicherweise vor. So waren die Fruchtschuppen A und B in einem Regelachsabstand von 9,0 m auf Holzpfahlgruppen mit einer Absetztiefe von ca. NN -6,50 m gegründet. An den Giebelseiten waren linienförmige Holzpfahl-

gründungen ausgeführt worden. Die Nachfolgebebauung der Schuppen 22 a-c wurde im Wesentlichen innerhalb der bisherigen Bauwerksabmessungen und unter Verwendung der vorhandenen Gründungselemente erstellt. Bereichsweise wurden zusätzliche Stahlbetonrammpfähle mit einer Absetztiefe von ca. NN -7,50 m angeordnet. Die o. g. Pfähle, Streifenfundamente und Pfahlköpfe wurden im Zuge der vorgezogenen Abbrucharbeiten größtenteils nicht entfernt und sind somit im Baugrund als Hindernisse verblieben. Es war von einer Höhenlage der Pfahlköpfe bei ca. NN +3,00 m auszugehen.

Aufgrund der geschichtlichen Bedeutung bestand die Auflage, alle Erdbau- und Abbrucharbeiten archäologisch zu begleiten und zu dokumentieren. Das gesamte Baugrundstück einschließlich aller für die Baugrubenumschließung und -verankerung (s. Abschn. 3) benötigten Flächen musste aufgrund der Einstufung als Verdachtsfläche vollständig auf Kampfmittel untersucht werden. Die historisch vielfältige Nutzung hatte nur begrenzte Kontaminationen des Baugrundes zur Folge. Schadstoffmanagement und -entsorgung waren daher weitestgehend unproblematisch.

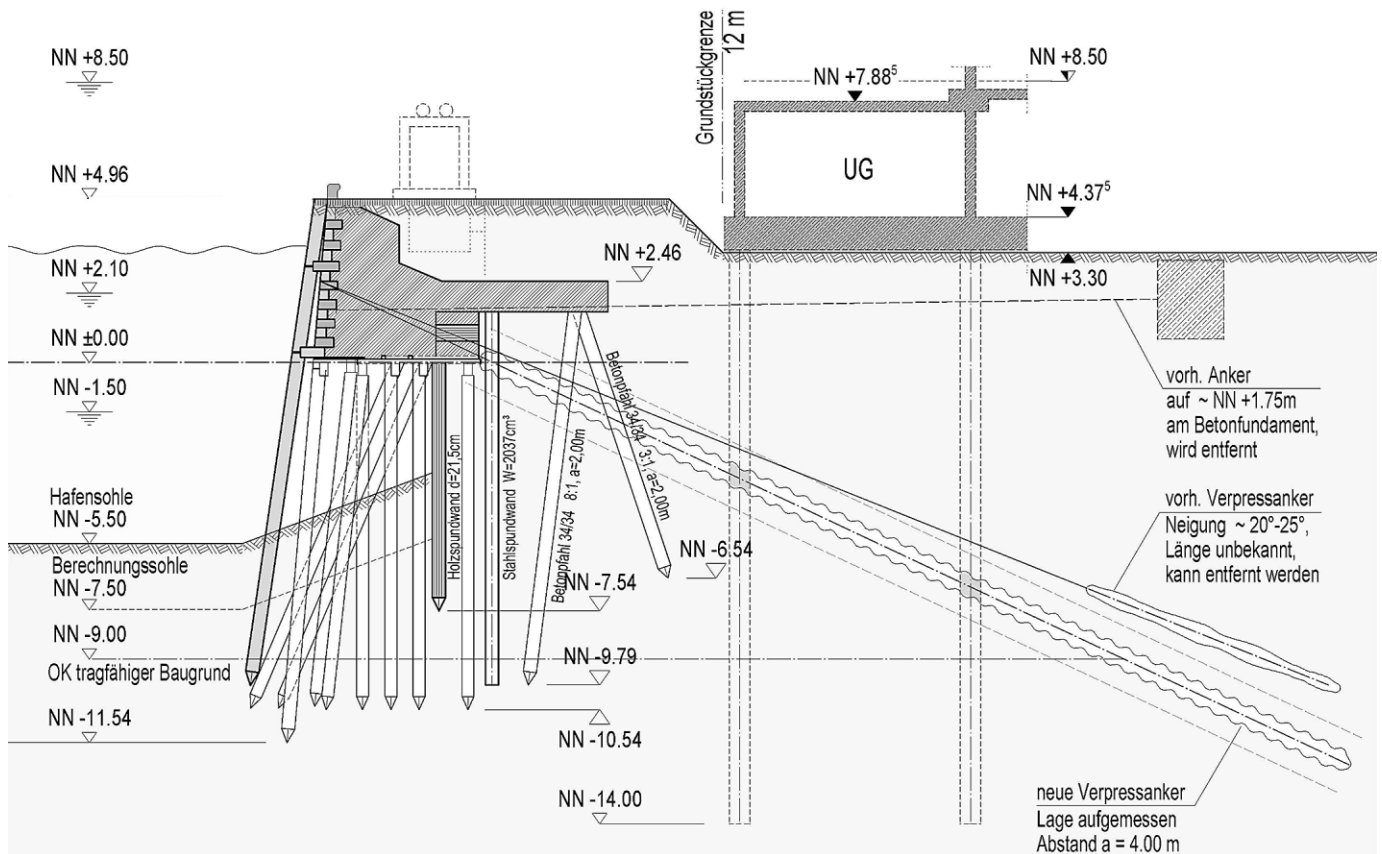


Bild 7 Kaimauerkonstruktion Regelschnitt 1 mit Verpressankern
Old quay wall construction cross-section 1 with grouting anchors

2.3 Wasserstände

Das Baugrundstück liegt in Luvlage an der Norderelbe außerhalb der öffentlichen Hochwasserschutzlinie und ist aufgrund der vorhandenen Geländehöhen selbst nicht hochwassersicher. Dies kann lediglich für die angrenzende Überseeallee aufgrund ihrer speziell angepassten Höhenlage gelten.

Allgemein werden in Hamburg Wasserstände oberhalb NN +3,60 m als Sturmflut, oberhalb NN +4,60 m als schwere Sturmflut und oberhalb NN +5,60 m als sehr schwere Sturmflut bezeichnet. Als hochwassersicher gilt ein Bauwerk im Bereich des nördlichen Baakenhafens dann, wenn es entsprechend den Regeln des privaten Hochwasserschutzes und für einen Bemessungswasserstand im Endzustand von NN +8,00 m ausgelegt ist. Zuschläge für Luvlage und Wellenschlag sind hierin berücksichtigt. Im Bauzustand sind das Sommerhochwasser mit Elbwasserständen von NN +4,00 m bzw. das Winterhochwasser mit NN +6,50 m maßgebend, wobei dieses zwischen dem 01.09. eines Jahres und dem 15.04. des Folgejahres zu erwarten ist.

Darüber hinaus waren Stauwasserstände zu berücksichtigen, die im Bereich der Auffüllungen auch bei noch darunter liegenden, aufgefüllten bzw. gewachsenen Weichschichten durch die Elbwasserstände beeinflusst wurden. Den Grundwasserleiter bilden die unterhalb der Weich-

schichten anstehenden Elbsande. Da die das Grundstück umschließenden Kaimauern bauartbedingt nicht wasserdicht sind, folgen die Grundwasserstände allgemein auf dem Grundstück höhenmäßig und zeitlich in schwach gedämpfter Form den Elbwasserständen. Diese liegen regelmäßig bei NN +2,10 m für das mittlere Tidehochwasser bzw. NN -1,51 m für das mittlere Tideniedrigwasser.

2.4 Angrenzende Kaimauern

Die am südlichen Grundstücksrand angrenzenden, teilweise denkmalgeschützten Kaimauern sind ursprünglich als reine Schwergewichtsmauern auf hölzernen Pfahlrosten errichtet worden. Die Holzpfähle sind auf etwa NN -10,50 m abgesetzt.

1927/28 erfolgte eine erste Verstärkung mittels einer auf Stahlbetonrammpfählen und Spundwänden gegründeten Abschirmplatte. Die Absetztiefe dieser neuen Gründungselemente liegt bei ca. NN -10,00 m. Eine zweite Verstärkung erfolgte bereichsweise auf 138 m Länge in den Jahren 1953/54. Hierbei wurde für Kran- bzw. Gleisbetrieb wasserseitig eine auf NN -15,40 m abgesetzte Spundwand und landseitig ein auf Stahlpfehlböcken (PSP 30) auf ca. NN -14,50 m bzw. NN -12,90 m gegründeter Pfehlbalken eingebracht. Die hieraus resultierenden Restriktionen erstrecken sich gemessen von der ca. 12,0 m von der Wasserlinie entfernten Grundstücksgrenze noch

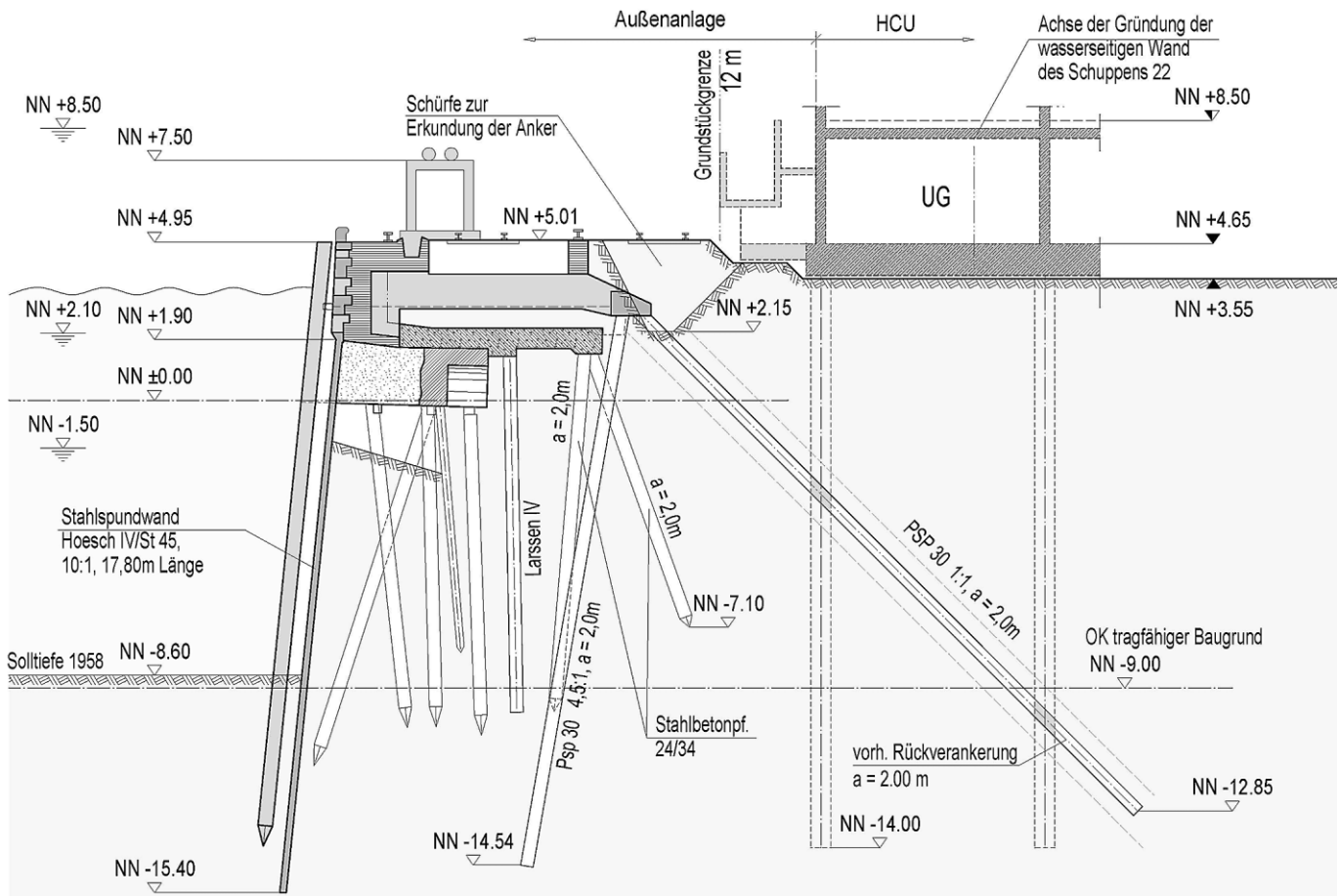


Bild 8 Kaimauerkonstruktion Regelschnitt 2 mit Rückverankerung PSP-Profil
Old quay wall construction cross-section 2 with tie-back anchoring PSP profile

bis ca. 14,0 m tief ins Baufeld hinein. Die unter 1:1 gerammten Stahlpfähle liegen in einem vergleichsweise engen Grundrissabstand von nur ca. 2,0 m zueinander.

Die in den 1950er-Jahren unverstärkt gebliebenen Bereiche an der östlichen und der westlichen Grenze des Baufeldes mussten 2007 angesichts eines schlechten Allgemeinzustandes unmittelbar vor dem Beginn der Baumaßnahme HCU saniert und ertüchtigt werden. Dazu wurden wasserseitig ca. 20 m weit ins Grundstück reichende Verpressanker im Grundrissabstand von ca. 4,0 m eingebracht.

Die Anker aus den Verstärkungen der 1950er- und 2000er-Jahre stellten in Summe aufgrund ihrer Erstreckung weit ins Baufeld hinein (Stahlrammpfähle und Verpressanker), des teilweise sehr engen Grundrissabstandes zueinander (Stahlrammpfähle), der teilweise wenig robusten Bauart (Verpressanker) sowie der nicht genau bekannten Lage in Grundriss und Höhe (Stahlrammpfähle) erhebliche Restriktionen für die neue Pfahlgründung der HCU dar. Hieraus ergab sich die Notwendigkeit einer besonders intensiven Abstimmung der neuen Pfahlgründung hinsichtlich Art, Herstellungsverfahren, Tragfähigkeit und Lage sowie zwingend einer vorausgehenden Lagermittlung der Bestandsanker durch eine umfangreiche Erkundung.

2.5 Angrenzende U-Bahn U4

Als Zweiglinie der U2 fädelt die U4 westlich der Station Jungfernstieg aus der gemeinsam von Billstedt kommenden Strecke aus. Mitte 2007 wurden die Bauarbeiten für die U4 begonnen. Die beiden parallelen Röhren der U4 wurden in großer Tiefe von 2008 bis 2011 über 2,8 km im Schildvortrieb von der Haltestelle HafenCity-Überseequartier bis in die Innenstadt aufgeföhren. Östlich von der Haltestelle Überseequartier wurde im gleichen Zeitraum die U4 in offener Schlitzwandbaugrube und in geringerer Tiefe hergestellt (Deckenoberkante U-Bahn ca. NN -3,00 m). Derzeit noch östlichste und daher Endstation ist die Haltestelle HafenCity Universität. Der reguläre Fahrplanbetrieb der U4 wurde Anfang Dezember 2012 aufgenommen.

Der nördlich mit einem Abstand bis auf ca. 15,0 m an die HCU heranreichende Rohbau der U4 war zu Beginn der Bauarbeiten für die HCU bereits fertig gestellt und die zugehörige Schlitzwandbaugrube im Bereich der HCU bereits für die Herstellung des Straßenaufbaus der Überseeallee verfüllt (Bild 10). Allerdings konnten insbesondere die per Planfeststellungsbeschluss [3] der Hamburger Hochbahn zugesicherten Baustelleneinrichtungsflächen westlich, östlich und südlich entlang der Kaimauer erst sukzessive und in enger Abstimmung aller Beteiligten

freigegeben werden. So erwies sich über einen langen Zeitraum die bloße Zugänglichkeit zum Grundstück der HCU für Baugruben- und Pfahlgründungsarbeiten als problematisch.

Aus der Nähe der U4 zur HCU ergaben sich zudem besondere Problemstellungen hinsichtlich der Auswirkungen evtl. Erschütterungen aus U-Bahn-Betrieb auf die Labore und Versuchseinrichtungen der HCU, durch ggf. das U-Bahn-Bauwerk beeinträchtigende Erschütterungen bei der Einbringung der Pfahlgründung der HCU sowie durch die Einschränkungen bei der Baugrubenrückverankerung mittels Verpressankern.

3 Tiefbau

3.1 Abbruch und Baugrube

Bedingt durch die exponierte Lage des Grundstücks vor der öffentlichen Hochwasserschutzlinie waren die bauzeitlich auftretenden Wasserstände bei der Planung der Baugrube und des Bauablaufs für die gesamten Rohbauarbeiten zu beachten. Auf der Grundlage der positiven Erfahrungen aus anderen Projekten des Tragwerksplaners in der HafenCity [4] und angesichts der geplanten Gebäudekubatur mit nur einem Untergeschoss konnte der Bauherr von den Vorteilen eines Verzichts auf eine vollständig hochwassersichere Baugrubenausbildung als Spundwandkasten o. ä. überzeugt werden. Schließlich ergaben sich hierbei erhebliche Kostenvorteile und Vereinfachungen bei Konstruktion und Bauablauf. Unabhängig davon wäre die Herstellung einer bis zum Bemessungswasserstand wasserdichten Baugrube aufgrund der in das Baufeld reichenden Rückverankerung der Kaimauer nur mit erheblichen geometrischen Einschränkungen und unter Inkaufnahme einer wesentlich längeren Bauzeit möglich gewesen.

Als Kompensation waren jedoch zugleich eine höhenoptimierte Planung des Untergeschosses sowie die Entwicklung eines vollständigen, die Standsicherheit aller auftretenden Bauzustände abdeckenden Flutschutzkonzeptes unter geschickter Ausnutzung der Grundstückstopografie und der Termsituation erforderlich. In Abstimmung mit dem Bauherrn wurden dazu Hochwasserstände definiert, bei denen in Abhängigkeit von dem jeweiligen Bauzustand ggf. eine Flutung des Baufeldes bzw. des Bauwerks vorgenommen werden musste.

Bereits bei der Abstimmung der übergeordneten Terminplanung wurde durch die Tragwerksplaner empfohlen, die unempfindlicheren Tiefbauarbeiten in der hochwassergefährdeten Zeit ab Oktober zu beginnen und über den Winter zum Abschluss zu bringen. Die Fertigstellung der Sauberkeitsschicht und die Übergabe an das unmittelbar nachfolgende Gewerk Rohbau war mit Beginn der hochwasserfreien Zeit vorgesehen. Angesichts dieser global sinnvollen Vorgehensweise war grundsätzlich mit Erschwernissen bei den Tiefbaumaßnahmen zu rechnen.



Bild 9 Hindernis Rückverankerungsblock der alten Kaimauer
Obstacle presented by the tie-back anchor block of the old quay wall

Zur Sicherstellung der abgestimmten Termsituation wurde von Seiten des Bauherrn der Empfehlung der Tragwerksplaner gefolgt, die ansonsten beabsichtigte kleinteilige Vergabe an Einzelunternehmer zumindest für die Tiefbauarbeiten zu bündeln und in einer ohne abgeschlossene Ausführungsplanung erstellten Ausschreibung die Gewerke Kampfmittelerkundung, Abbruch, Erdarbeiten, Bohrpfahlgründung und Sauberkeitsschicht sowie optional Geothermie zusammenzufassen.

Vor Beginn der Arbeiten musste die Lage der vorhandenen, weit auf das Grundstück ragenden Rückverankerung der mehrmals veränderten und verstärkten Konstruktion der Kaianlage durch Schürfen eindeutig erkundet und aufgemessen werden. Dazu war der für die Baumaßnahme U4 als Baustraße und Hauptversorgungsstraße genutzte Bereich entlang der Kaimauer [3] abschnittsweise einzuengen. Im Zuge der Erkundung wurden erhebliche Abweichungen der unter Last stehenden Anker von ihrer planmäßigen Lage festgestellt und als Grundlage für die weitere technische Bearbeitung dokumentiert. Auch die Lage der aus den Bestandsunterlagen ersichtlichen, inzwischen lastfreien massiven Rückverankerungsblöcke wurde dokumentiert.

Die Kampfmittelerkundung sollte planmäßig während des Voraushubs durch begleitende Überwachung durchgeführt werden, um gleichzeitig die vermuteten Hindernisse aus im Baufeld verbliebenen Gründungselementen zu lokalisieren und sie nach örtlicher Erfordernis teilweise oder vollständig abbrechen. Gemäß dem Sondervorschlag der Tiefbaufirma wurden die Leistungen der Kampfmittelerkundung durch eine flächendeckende Bohrsondierung unter Einsatz einer Dreiachsmagnetometersonde bis in eine Tiefe von ca. NN -2,00 m durchgeführt.

Der nördliche Teil des Baufeldes angrenzend zur Überseeallee musste zur Aufrechterhaltung des bereits im Vorfeld hochwassersicher aufgehöhten Straßenzuges und zur

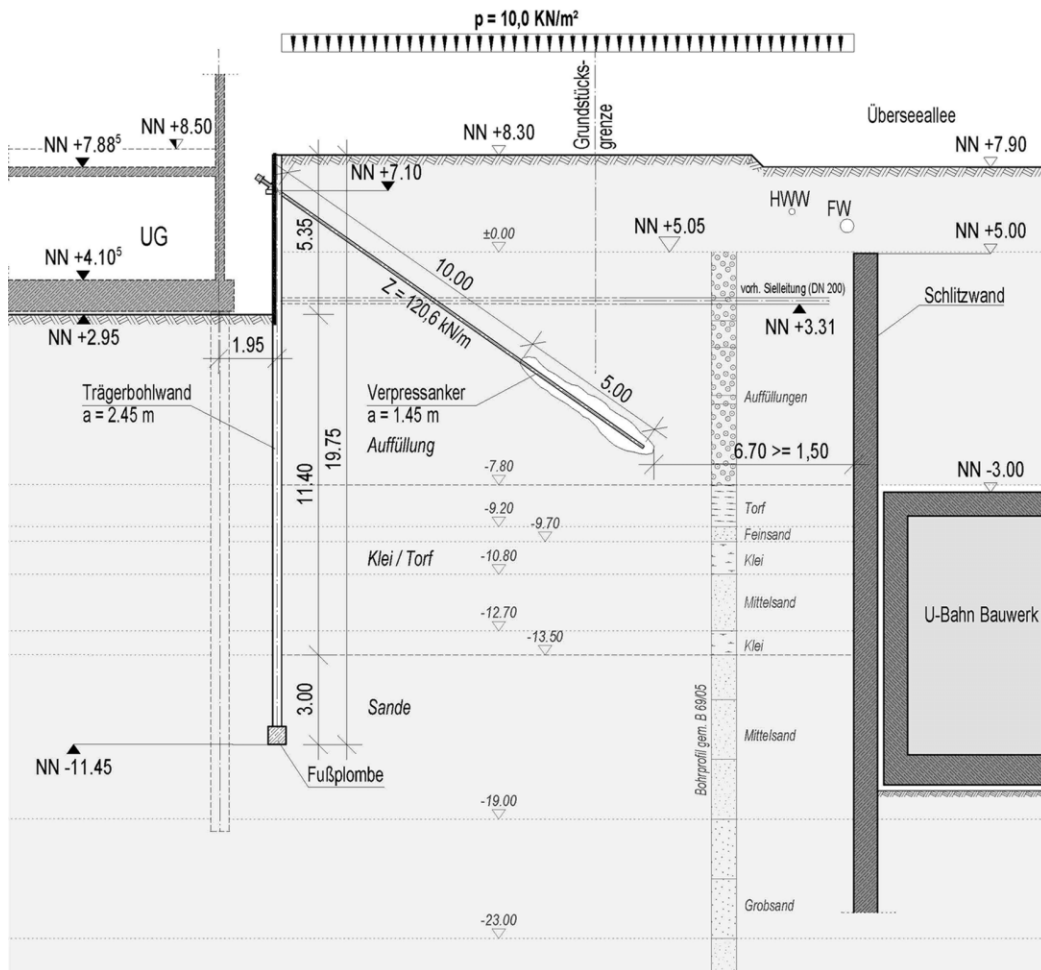


Bild 10 Baugrubenverbau angrenzend Überseeallee mit U-Bahntrasse
Excavation pit construction adjoining Überseeallee with underground railway line

Sicherung vorzeitig verlegter Leitungen der Ver- und Entsorgung durch einen vertikalen Baugrubenverbau als einfach rückverankerte Trägerbohlwand gesichert werden. Hierzu wurden ca. 800 m² Verbau und 83 Verpressanker mit Längen bis zu 15,0 m und einer Festlegekraft von $F_d = 225$ kN eingebaut. Aufgrund der sehr tief liegenden tragenden Bodenschichten und der in einem Abstand von nur ca. 15,0 m verlaufenden Trasse der U4 war ein Einbau der Anker unter Berücksichtigung der von der Hamburger Hochbahn AG geforderten Mindestabstände zum U-Bahn-Bauwerk nicht entsprechend der üblichen Anordnung mit der Lage des Verpresskörpers in den tragenden Bodenschichten möglich. In Abstimmung mit dem Baugrundgutachter konnte die Verankerung innerhalb der anstehenden Auffüllung mit reduzierten Ankertragfähigkeiten ausgeführt werden. Die Bohlträger mit Abständen von 2,45 m wurden in vorgebohrte Löcher gestellt und nach Abschluss der Baumaßnahme wieder gezogen. Die Verformungen der Verbaukonstruktion wurden entsprechend den Vorgaben der genehmigenden Fachbehörden baubegleitend und aufgrund der besonderen Verankerungskonstruktion auch durch Inklinometermessungen kontrolliert. Die Messungen ergaben eine sehr gute Übereinstimmung mit den im Vorwege berechneten Werten und bestätigten die Einhaltung der maximal zulässigen Verformungen.

An den übrigen Seiten des Baufeldes konnte gemäß dem eingangs beschriebenen Baugrubenkonzept auf jeglichen Baugrubenverbau verzichtet werden. Stattdessen wurde erdbaulich nur eine besonders gesicherte Böschung angelegt. Die östlich an das Baufeld angrenzende Baustellen-einrichtungsfläche musste eigens auf ein hochwassersichereres Niveau aufgehöhht und die Oberfläche zur Nutzung mit schwerem Baustellenverkehr vorbereitet werden. Aufgrund der höhenoptimierten Planung des Gebäudes waren planmäßige Wasserhaltungsmaßnahmen nicht erforderlich, es wurde lediglich eine offene Tagwasserhaltung vorgesehen. Bedingt durch die vielfältigen im UG unterzubringenden Nutzungen mit unterschiedlichen Anforderungen an die Raumhöhe ergab sich eine relativ stark profilierte Baugrubensohle, die Aushubkoten der Baugrube lagen bei NN +1,80 m in den tief liegenden Bereichen und zwischen NN +2,76 m und NN +3,65 m im restlichen Teil des Baufeldes. Insgesamt wurden für die Baugrube ca. 33 000 m³ Boden bewegt und ca. 1 000 m³ Hindernisse abgebrochen.

3.2 Pfahlgründung

Die Pfahlgründung musste angesichts des begrenzten Abstandes zu der empfindlichen Kaianlage und zusätzlich



Bild 11 Herstellung der Teilverdrängungsbohrpfähle
Production of the bore piles

nach intensiver Abstimmung und Diskussion aufgrund der restriktiven Anforderungen der U4 schließlich auch im restlichen Baufeld generell erschütterungsarm ausgeführt werden. Bei integraler Betrachtung erwiesen sich Teilverdrängungsbohrpfähle als geeignetes Pfahlsystem. Andere wirtschaftliche Pfahlsysteme, z.B. Ortbetonnampfpfähle oder Vollverdrängungsbohrpfähle, konnten aufgrund der gegebenen Randbedingungen nicht zum Einsatz kommen. Als Arbeitsebene für die Pfahlherstellung wurde ein hinreichend hochwassersicheres Niveau von NN +4,30 m festgelegt.

Die Ableitung aller auftretenden Horizontalkräfte, auch der wegen des Geländesprungs zwischen Überseeallee und Kaipromenade stark unterschiedliche Erddruck und Differenzwasserdruck, konnte vom Tragwerksplaner allein über die vertikal angeordneten Pfähle nachgewiesen werden. Auf die Anordnung von zusätzlichen

Schrägpfählen oder gar Dauerankern konnte dadurch verzichtet werden. Ungewollte Ausmitten bei der Pfahlherstellung werden durch die steife Sohlplatte zentriert.

Es wurden 610 Teilverdrängungsbohrpfähle System GKT mit einem Durchmesser von 62 cm mit Längen zwischen 18,0 und 21,0 m eingebracht. Die zulässige Belastung der Pfähle auf Druck beträgt $RD,k = 2\,400\text{ kN}$, während die zulässige Belastung auf Zug unter Berücksichtigung der äußeren Pfahltragfähigkeit auf $RZ,k = 500\text{ kN}$ begrenzt wurde. Die Pfähle konnten nur auf ca. 65% der Grundstücksfläche optimal entsprechend den statischen Erfordernissen platziert und hergestellt werden. Die Festlegung der Pfahlstandorte im restlichen Bereich der durch die vorhandenen Bauwerksreste und durch die aufgemessenen Rückverankerungen gegebenen Restriktionen erforderte einen hohen Bearbeitungs- und Koordinationsaufwand. Insbesondere für die hoch belastete Stützenreihe in der Achse S2 am südwestlichen, ca. 14,0 m auskragenden Gebäudeende mit einer Gesamtlast von $V_k = \text{ca. } 60\text{ MN}$ war die Platzierung der erforderlichen Pfähle zwischen den vorhandenen Ankern nur mit Mühe möglich.

Alle ca. 160 Pfähle im Bereich der vorhandenen Kaimauererrückverankerung wurden schadensfrei für die Bestandskonstruktion und zur vollsten Zufriedenheit der Planungsbeteiligten und genehmigenden Behörden eingebracht. Teilweise betrug der lichte Abstand zwischen Anker und Pfahl planmäßig nur 40 cm. Alle Pfähle wurden nach Abstimmung mit der HafenCity Hamburg GmbH und Hamburg Port Authority im Bereich der Kreuzung mit den Ankern ohne Verdrängungswirkung hergestellt. Dazu wurde die Verdrängungswirkung auf eine Länge von 1,0 m oberhalb und unterhalb der Schnittkote mit der Ankerebene auf ein Minimum durch Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit reduziert. Die entsprechende Arbeitsanweisung wurde mit der stati-

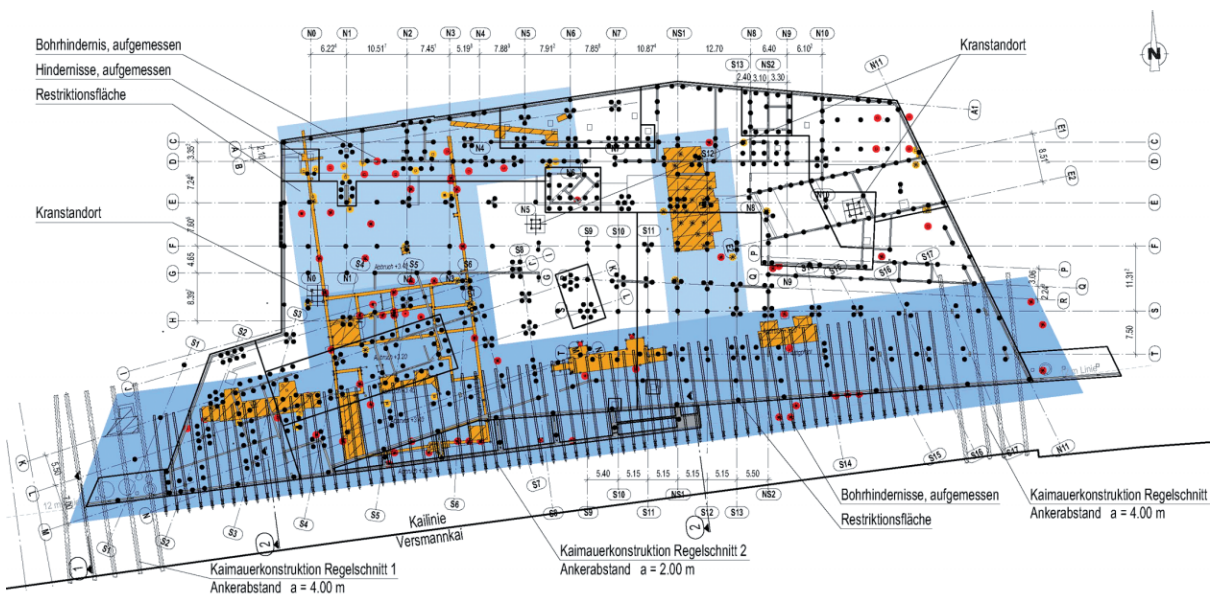


Bild 12 Pfahlplan mit Darstellung der Restriktionsflächen
Piling plan with illustration of restriction areas



Bild 13 Kappen der Pfähle und Herstellen der Sauberkeitsschicht
Capping of piles and production of blinding layer

sehen Prüfstelle abgestimmt. Im Bereich der minimierten Verdrängungswirkung ergibt sich eine Differenztragfähigkeit, die über eine Erhöhung der Einbindelänge in den tragfähigen Baugrund um 1,0 m kompensiert wurde. Nach Vorgabe der statischen Prüfstelle waren zusätzlich zu den dynamischen Probelastungen an sechs Pfählen zusätzlich an 10% der eingebauten Pfähle Integritätskontrollen vorzunehmen, durch die eine ordnungsgemäße Herstellung aller Pfähle bestätigt werden konnte.

Im Anschluss an die Pfahlarbeiten wurde durch die ausführende Tiefbaufirma die Baugrube auf das endgültige Niveau ausgehoben und die Sauberkeitsschicht auf Grundlage der zwischenzeitlich abgeschlossenen Ausführungsplanung des Objektplaners auf der planmäßigen Höhe UK Sohlplatte einschließlich der Blitzschutzarbeiten hergestellt. Die ausgeschriebenen und bereits an die ausführende Tiefbaufirma beauftragten vorbereitenden Leistungen für eine Geothermienutzung wurden kurz vor Beginn der Arbeiten aufgrund einer im Rahmen der Nachhaltigkeitsanforderungen unzureichenden Gesamtwirtschaftlichkeit vom Bauherrn nicht zur Ausführung freigegeben. Die Übergabe der Baugrube und Gründung an die Rohbaufirma erfolgte nach Abschluss der Pfahl-

kapparbeiten und des Aufmaßes der hergestellten Pfähle termingerecht.

Projektbeteiligte

Bauherrin:	Behörde für Wissenschaft und Forschung, Hamburg
Bauherrnvertretung:	Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hochschulbau, Hamburg
Projektsteuerung:	KFE GmbH, Hamburg
Planer/Architekten:	LP 1-8: code unique Architekten, Dresden mit LP 6-8: DGI Bauwerk GmbH, Berlin Ingenieurbüro Dr. Binnewies, Hamburg
Tragwerksplanung, Baugrubenplanung, Gründungsplanung, Planung der Baustände, Mithilfe bei der Bauüberwachung:	Ingenieurgesellschaft Ridder & Meyn mbH, Hamburg
Technische Gebäudeausrüstung:	Prof. Steinfeld und Partner GbR, Hamburg GKT Spezialtiefbau GmbH, Hamburg
Baugrundgutachter:	Riedel Bau GmbH & Co. KG, Schweinfurt
Ausführung Gründung und Baugrube:	MBM Metallbau Dresden GmbH
Ausführung Rohbau:	
Ausführung Fassadenbau- und Sonnenschutzarbeiten:	

Technische Daten

Oberirdische Baukörper:	Bruttogeschossfläche: ca. 24 000 m ² Bruttorauminhalt: ca. 95 000 m ³ ohne Foyerbereich Bauteil Nord 6 Geschosse, Höhe oberhalb Sockel ca. 26,0 m Bauteil Süd 5 Geschosse, Höhe oberhalb Sockel ca. 22,5 m Zertifizierung nach HafenCity Gold
Sockelgeschoss	Bruttogeschossfläche: ca. 7 000 m ² Bruttorauminhalt: ca. 30 000 m ³ 1 Geschoss, Höhe max. ca. 4,50 m ca. 6 700 m ² fugenlose WU-Sohle
Gesamt	Bruttogeschossfläche: ca. 31 000 m ² Bruttorauminhalt einschl. Luftraum Foyer: ca. 145 000 m ³
Massen	1 060 m ³ Abbruch 33 300 m ³ Bodenaushub 800 m ² einfach rückverankerter Trägerbohlverbau 610 Teilverdrängungsbohrpfähle Durchmesser 62 cm 25 000 m ³ Konstruktionsbeton 1 000 m ³ Unterbeton 4 900 t Betonstahl 35 t Stahlbau südwestliche Auskragung 110 t Stahlbau Dach und Fassaden Foyer

Literatur

- [1] Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg: *Begründung zum Bebauungsplan HafenCity 6*. 2008.
- [2] Planungsgruppe Elbberg im Auftrag der HafenCity Hamburg GmbH: *Standortanalyse südlich Versmannstraße / östlich Magdeburger Hafen*. 2006.
- [3] Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt der Freien und Hansestadt Hamburg: *Planfeststellungsbeschluss für den Bau einer neuen U-Bahn-Linie U4, Ausfädelung aus der Haltestelle Jungfernstieg bis zur HafenCity mit den Haltestellen Überseequartier und Lohsepark*. 2006.
- [4] BÖTTCHER, CHRISTIAN; NAGEL, WERNER; SCHREIBER, RAPHAEL: *Bebauung der Ericusspitze in Hamburg*. Teil 1 – Tiefbau: Bautechnik 88 (2011), Heft 6, S. 406–417; Teil 2 – Hochbau: Bautechnik 88 (2011), Heft 7, S. 479–491.

Autoren

Dr.-Ing. SFI Christian Böttcher
Geschäftsführender Gesellschafter, Beratender Ingenieur, Prüflingenieur für Bautechnik
Ingenieurbüro Dr. Binnewies
Ingenieurgesellschaft mbH
Alsterterrasse 10a
20354 Hamburg

Dipl.-Ing. Werner Nagel
Teamleiter, Projektleiter
Ingenieurbüro Dr. Binnewies
Ingenieurgesellschaft mbH
Alsterterrasse 10a
20354 Hamburg