

02
2025

Konstruktiver Ingenieurbau

Geotechnik

Ableitung der Systemdurchlässigkeit für tiefe Baugruben in Frankfurt am Main

Stahlbau

Ertüchtigungs- und Verstärkungsmaßnahmen zur Lebensdauerverlängerung von ermüdungsbeanspruchten Bestandskonstruktionen

Echelsbacher Brücke

Holz-Beton-Hybridbau

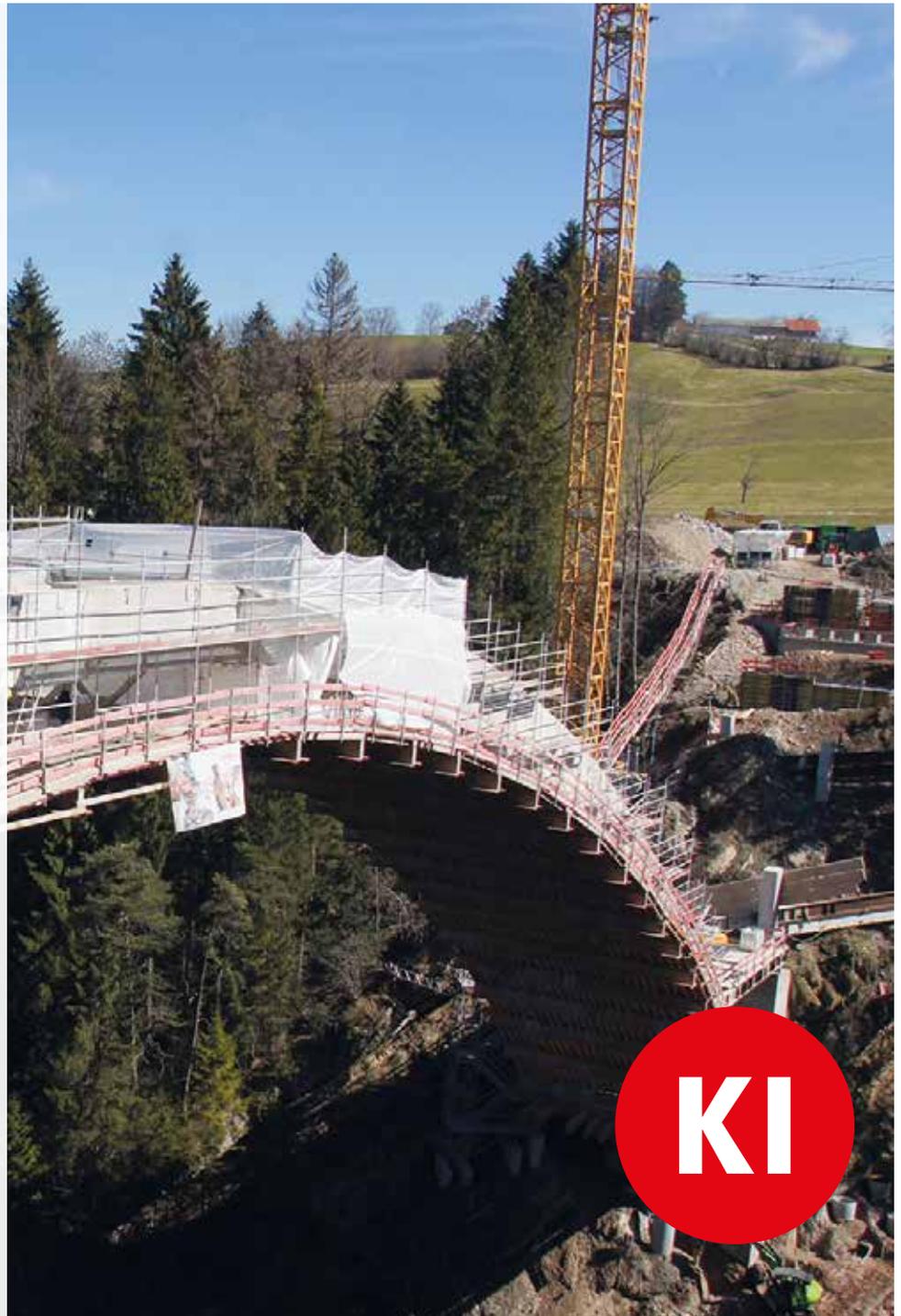
Innovativer Holz-Beton-Hybridbau für die Fahrradstation Hamburg-Harburg

Aus der Normung

Neufassung des Eurocode 5 – Bemessung und Konstruktion von Holzbauten

Nachhaltigkeit

Bewertung der Nachhaltigkeit von Ingenieurbauwerken



KI

Holz Beton Hybrid bau

Andreas Meisel, Deniz Aksu, Anne Femmer, Florian Summa, Roman Krause, René Wulff

Innovativer Holz-Beton-Hybridbau für die Fahrradstation Hamburg-Harburg



Bild 1: Visualisierung des Gesamtbauwerks von Norden



Bild 2: Visualisierung des geplanten Eingangsbereichs von außen

Attraktive Verknüpfungen zwischen Radverkehrswegen und dem ÖPNV sind unverzichtbare Bestandteile der klimaschutzgerechten Mobilität. Auf einer stark geneigten Verkehrsinsel zwischen Gleisen, Brücken und Kreuzungen soll im Stadtteil Harburg Hamburgs erste Fernbahn-Fahrradstation errichtet werden. Diese bietet neben einem direkten Tunnelanschluss Abstellflächen für 1.170 Fahrräder, eine Werkstatt, Räume für weitere Dienstleistungen und ein 226 m³ großes Regenrückhaltebecken.

1 Einführung

Die Freie und Hansestadt Hamburg hat sich 2022 im „Bündnis für den Rad- und Fußgängerverkehr“ [1] dazu bekannt, nachhaltige, effiziente und komfortable Mobilitätsoptionen als wichtige Grundlage für die Lebensqualität der Bürger zu fördern. Damit wird die im vorherigen Bündnis für den Radverkehr begonnene Strategie als Teil der Verkehrswende fortgesetzt und erweitert.

Neben den vielfältigen Maßnahmen zur Verbesserung der direkten Fahrradinfrastruktur, zur Schaffung von mehr Platz für den Radverkehr, von durchgehenden Wegestrecken

sowie von mehr baulicher Trennung zum KFZ-Verkehr sind attraktive Verknüpfungen zwischen dem Radverkehr und dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) erforderlich. Im Rahmen der Umsetzung des B+R-Entwicklungskonzepts der Freien und Hansestadt Hamburg entstehen bereits seit 2015 an allen S- und U-Bahnhaltestellen in Hamburg attraktive Fahrradabstellanlagen. Ergänzend sollen an allen Hamburger Fernbahnhöfen sogenannte „Fahrradstationen“ errichtet werden. Diese Stationen kombinieren Fahrradabstellanlagen mit weiteren Dienstleistungen wie beispielsweise Wartung und Reparatur sowie Waschanlagen für Fahrräder und E-Bikes. Hierfür wurde eine Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben (vgl. [1]).

Nachdem am Bahnhof Hamburg-Bergedorf bereits seit mehr als zehn Jahren eine Fahrradstation existiert und gut etabliert ist, soll nun am Fernbahnhof Harburg die erste Fahrradstation im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg realisiert werden. Dazu wurde 2019 von der P+R-Betriebsgesellschaft mbH ein zweistufiger hochbaulicher Wettbewerb mit bis zu 15 Teilnehmern, davon fünf junge Büros, ausgeschrieben, den Summacumfemmer Architekten gewann (vgl. [2], siehe Bilder 1 und 2).

1 Einführung

2 Architektur

2.1 Städtebau

2.2 Innere Struktur

2.3 Konstruktion und Material

3 Tragwerk

3.1 Baugrube und Gründung

3.2 Punktgestützte Brettsper Holzdecken

3.3 Rampen

4 Brandschutz

5 Resümee



Bild 4: Visualisierung des Innenraums, hier: Blick vom Tunnelzugang in die Fahrradstation [10]



Bild 5: Visualisierung des Innenraums, hier: Blick auf die Rampe zum Eingangsgeschoss [10]

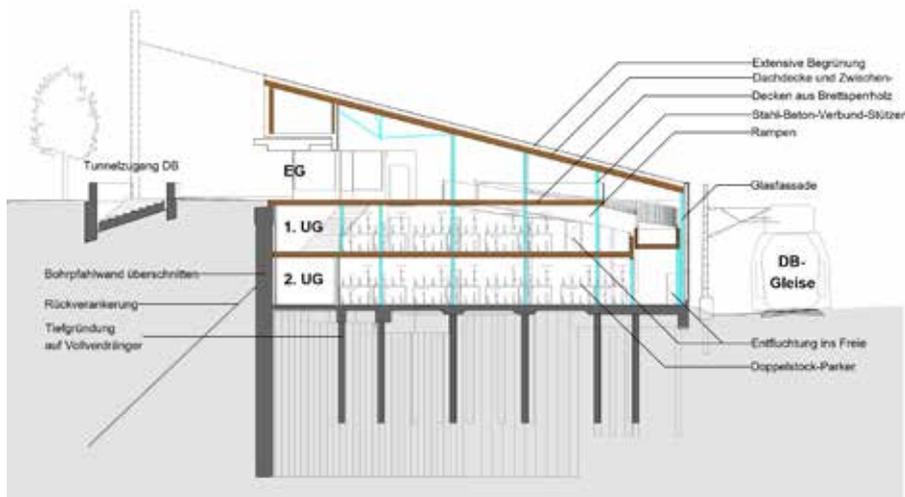


Bild 6: Schematischer Schnitt durch den Stellplatzbereich der Fahrradstation

3 Tragwerk

Für das Tragwerk der Fahrradstation wurde eine pragmatische Kombination der Baustoffe gewählt (siehe auch Bild 6):

- Dachdecke (240 mm), Geschosdecken (280 mm), Rampen (180 mm), Rampenwangen (160 mm) und luftberührte Außenwände (150 bis 240 mm): Brettspertholzplatten (BSP-Platten)
- Erdberührte Außenwände: überschnittene Bohrpfahlwände (88 cm Durchmesser) aus Stahlbeton
- Innenstützen: Stahlrundprofile (193,7 mm Durchmesser), aus Brand-schutzgründen ausbetoniert
- Verglasungen: Pfosten-Riegel-Konstruktion aus Brettschichtholz
- Sohle: Stahlbeton (30 cm dick im Regelbereich, 65 cm dick unter dem Regenrückhaltebecken)
- Gründung: Vollverdrängungspfähle (46/56 cm Durchmesser) aus Stahlbeton
- Regenrückhaltebecken und darunter liegender TGA-Raum: Stahlbeton in WU-Ausführung

Die Aussteifung im EG erfolgt über die Scheibenwirkung der BSP-Dachdecke, das Fluchttreppenhaus und die BSP-Wandscheiben. Im 1. und 2. UG werden die BSP-Decken horizontal an die Stahlbetonbauteile angeschlossen und damit ausgesteift.

Auf das Regenrückhaltebecken, das Löschwasservorratsbecken und den TGA-Raum aus Stahlbeton wird nicht weiter eingegangen.

3.1 Baugrube und Gründung

Vom Straßenniveau aus gesehen liegen im Baufeld bis zu rund 8,5 m mächtige anthropogene Auffüllungen vor. Darunter folgen Fein- und Mittelsande und eine bis zu 1 m dicke Torfschicht. Letztere begründen aufgrund ihrer geringen bodenmechanischen Kenngrößen ($\psi_k = 17,5^\circ$, $c_k = 5 \text{ kN/m}^2$, $E_{s,k} = 0,8 \text{ bis } 1,2 \text{ MN/m}^2$) das Erfordernis einer Tiefgründung. Der Grundwasserspiegel liegt im Endzustand lokal nur 0,5 m unterhalb der Sohlplatte (vgl. [3]).

Der Grundriss der Baugrubeneinfassung ist schematisch in Bild 7 dargestellt. Auf drei Seiten des annähernd dreiecksförmigen Baufeldes befinden sich Straßen, im Osten verlaufen Gleise der Deutschen Bahn (DB). Die Gleise der DB werden im Norden von der Hannoverschen Brücke und im Süden von der Walter-Dudek-Brücke überspannt.

Das Gelände fällt nach Osten hin um über 7 m ab. Zu den Straßen hin sind jeweils Baugrubenverbauten erforderlich. Im Böschungsbereich wurden freitragend einbringbare, unverankerte Trägerbohlwände geplant. Aufgrund der fehlenden Gerätestandflächen im Böschungsbereich wäre die Herstellung eines massiven Verbaus zu aufwendig.

Aus ökologischer Sicht sind Stahlspundwände Bohrpfahlwänden eindeutig vorzuziehen (vgl. u.a. [4]). Zumal Stahlspundwände ggf. zu einem späteren Zeitpunkt gezogen und recycelt werden könnten. In der Vorplanung musste für die Regelbereiche der Baugrube die Entscheidung aus folgenden Gründen zugunsten der Bohrpfahlwände getroffen werden:

- Spundwände würden den hohen Brandschutzanforderungen nur mit kostenintensiven zusätzlichen Maßnahmen entsprechen können.
- In der Gründungsempfehlung (vgl. [3]) wurde aufgrund von zu erwartenden Hindernissen und der hohen Lagerungsdichte der Sande in großen Tiefen ausdrücklich von der Einbringung von Spundwänden abgeraten.

Um den Kriterien der Nachhaltigkeit trotzdem bestmöglich zu entsprechen, werden die Bohrpfahlwände zugleich als Außenwand, Deckenaufleger, Sohlauflager (mittels Auflagertaschen in den Primärpfählen) und Gründungsbauteil für den Endzustand herangezogen. Es handelt sich um eine überschnittene Bohrpfahlwand mit 88 cm Durchmesser und 16 m Ansetztiefe. Am Wandkopf wurde ein 1 m breiter und 1 m hoher Pfahlkopfbalken angeordnet.

Im Südwesten (Anschlussbereich an den Tunnel der DB) sind bauzeitlich horizontale Absteifungen mit Rundrohren geplant. Im Endzustand erfolgt die horizontale Absteifung hier durch die Gründungssohle, die Decke des 2. UG und die Bauteile des Regenrückhaltebeckens. Im Westen ist dagegen keine Decke vorhanden, welche die Horizontallasten aus der Bohrpfahlwand aufnehmen und weiterleiten könnte. Daher wurde hier eine Rückverankerung mittels dauerhafter Verpressanker (Litzenanker, 22 m lang, 20 cm Verpresskörperdurchmesser, 1,4 m Abstand, in ein bis zwei Lagen) angeordnet.

Im Zuge der Genehmigungsstatik wurden die Bauabläufe unter Berücksichtigung der beengten Platzverhältnisse und der schwierigen

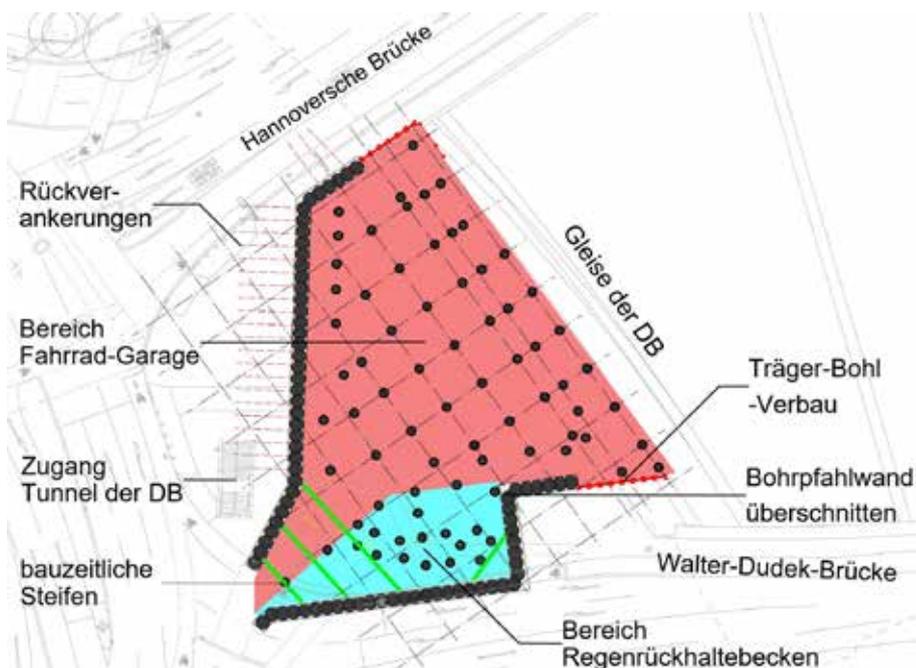


Bild 7: Schematischer Grundriss der Baugrube, Ebene 2. UG

Topografie berücksichtigt. Eine besondere Herausforderung stellte der Anschluss an den Tunnel der DB dar. Hier sind vorauseilende örtliche HDI-Injektionskörper und temporäre Träger-Bohl-Verbauten erforderlich.

Für die Fahrleitungsmaste der DB im Osten wurde ein Sicherungskonzept in Form eines lokalen Träger-Bohl-Verbaus berücksichtigt.

In der Fläche erfolgt die Gründung mittels 8 m langen Vollverdrängerpfählen \varnothing 56/46 cm aus Stahlbeton. Die Pfähle sind jeweils unterhalb der Stahl-Beton-Verbundstützen sowie unterhalb der Wände und Stützen des Regenrückhaltebeckens angeordnet. Die 30 cm dicke Stahlbeton-Sohlplatte des Regelbereichs wird an den Pfählen auf 60 cm verdickt, um einen norm- und ausführungstoleranzgerechten Anschluss zu ermöglichen.

3.2 Punktgestützte Brettsperrholzdecken

Die erforderlichen Stützweiten ergeben sich aus dem Platzbedarf für die Fahrradparker, den Verkehrsflächen und dem Wunsch nach einer größtmöglichen Transparenz. Die Entscheidung fiel auf ein Regel-Raster von 5,25 m im Quadrat. Um die Geschosshöhen so gering wie möglich zu halten und die Funktion der Fahrradparker nicht einzuschränken, kamen Unterzüge nicht in Frage. Vielmehr musste die Decke punktgestützt konstruiert werden.

Die projektbezogenen maximale BSP-Plattengröße von 3,5 m mal 16,5 m ergibt sich aus dem Ziel eines wirtschaftlichen Transports und der größtmöglichen Anzahl an Herstellern. Aufgrund des großzügigen Stützenrasters und einer maximalen Deckenabmessung von rund 36 m mal 47 m müssen die Platten an den Längs- und Quertafeln gestoßen werden (siehe Bild 8). Für diese biegesteifen Baustellenstöße kommen drei Varianten in Frage:

1. Hirnholzverklebung (vgl. [5])
2. Schrauben im Hirnholz und Herstellung von Stahlbeton-Koppel-Balken (vgl. [6])
3. Furnierschichtholzplatten mit Schraubpressklebung (siehe Bild 8)

Die Entscheidung fiel zugunsten der 3. Variante, da kein Beton erforderlich ist und sich eine geringfügig größere Plattendicke als bei Variante 1 ergibt. Ggf. hat der ausführende Holzbaubetrieb somit noch Optimierungsmöglichkeiten. Die Lage der Stöße wurde so gewählt, dass sich nur verhältnismäßig geringe Biegemomente einstellen können. Die Faserrichtungen der Decklagen sollten aus gestalterischen Gründen identisch sein.

Die Plattendicke wurde insbesondere unter Berücksichtigung der Heißbemessung der biegesteifen Stöße (Ausbildung siehe Bild 8) zu 28 cm festgelegt. Die schachbrettartige Anordnung der Nutzlasten war bemessungsmaßgebend.

Holz-Beton-Hybridbau

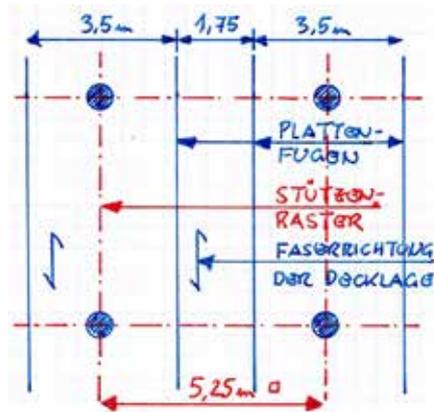
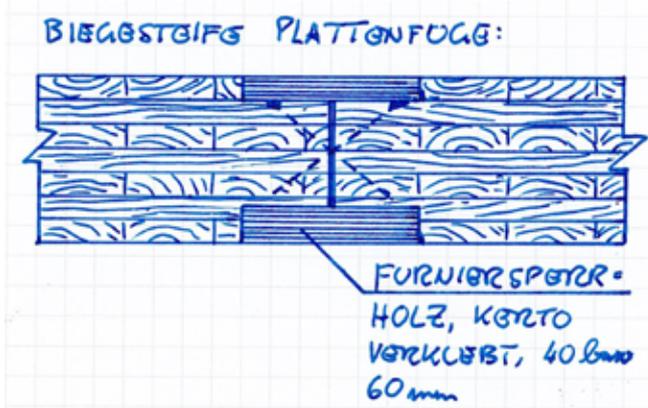


Bild 8: Statisches System und Plattenfugen im Querschnitt (oben)

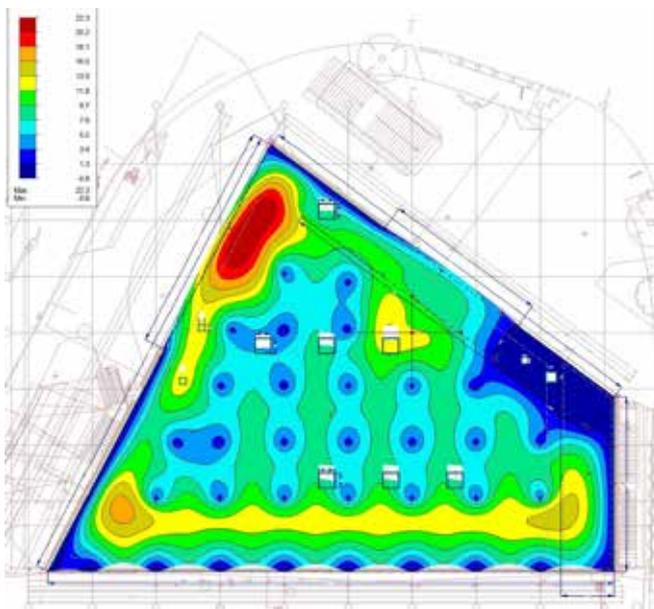


Bild 9: Ausschnitt aus dem FE-Modell der Dachdecke inkl. Verformungsdarstellung (umlaufende Unterzüge mit modelliert)

Aufgrund der geringen Eigenmasse und des verhältnismäßig geringen E-Moduls sollten Holzdecken hinsichtlich ihrer Schwingungsfähigkeit untersucht werden. Die Anforderungen wurden nach [7] als Decke mit „normalen Anforderungen“, das heißt auf eine Frequenz größer 6Hz dimensioniert.

Bei der Konstruktion der Stützen-Decken-Knoten (siehe Bild 10) musste aus statischer Sicht Folgendes berücksichtigt werden:

- Im Bereich der Decke des 2. UGs sind verhältnismäßig hohe Lasten aus den darüber liegenden Geschossen „durch die Decke durchzuleiten“. Aufgrund der geringen Querdruckfestigkeit von Holz werden hierfür Buchenholzdübel mit senkrechtem Faserlauf in Bohrungen in der BSP-Platte eingesetzt.
- Um die Nachweise auf Schub („Durchstanzen“) und Querdruck erfüllen zu können, mussten die Kontaktflächen an den Stützenköpfen vergrößert werden. Hierfür wurden runde Stahlkopfplatten an den Stützen mit einem Durchmesser von 45 cm angeordnet.

Bei der Konstruktion der Anschlüsse der BSP-Platten an die Bohrpfehlwände (siehe Bild 11) mussten neben den statischen Gesichtspunkten die Anforderungen an den konstruktiven Holzschutz nach DIN 68800

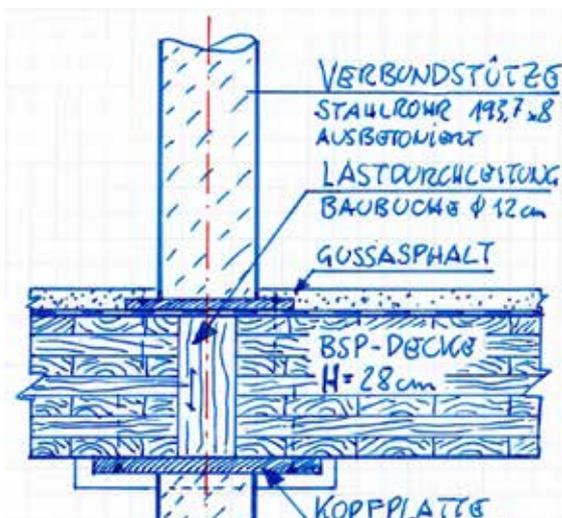


Bild 10: Stützen-Decken-Stützen-Knoten

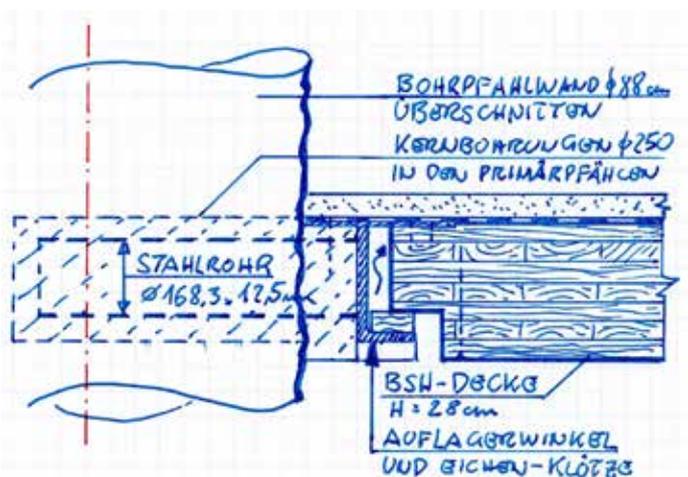


Bild 11: Auflagerung auf der Bohrpfehlwand



Bild 12: Visualisierung des Innenraums, hier: Eingangsbereich [10]

berücksichtigt werden. Aus gestalterischen Gründen und aufgrund von Sicherheitsaspekten (Kopffreiheit großgewachsener Fahrradfahrer) konnten an den Bohrpfahlwänden keine Konsolen angeordnet werden. Stattdessen werden in die unbewehrten Primärfähle Kernbohrungen hergestellt und dickwandige Stahlrohre eingeschoben. Am Ende der Stahlrohre werden Stahlwinkel angeschweißt, auf welche die BSP-Decken aufgelegt werden. Der Verguss des Ringspaltes zwischen der Bohrlochwandung und den Stahlrohren erfolgt erst nach der vollständigen Montage der Decke. Um gleichzeitig den konstruktiven Holzschutz zu gewährleisten, werden die Decken auf Hartholzklötzen aus Eiche punktuell auf den Stahlwinkeln aufgelagert. Das Hirnholz wird luftumspült ausgeführt.

3.3 Rampen

Die radtaugliche Verbindung des Erdgeschosses mit den beiden Untergeschossen erfolgt über zwei im Grundriss gekrümmte Rampen. Die beiden seitlichen Rampenwangen aus Brettsperholz bilden dabei Überzüge, die Rampenplatte wird mittels Stahlwinkel und

Vollgewindeschrauben in die Rampenwangen hochgehängt. Ursprünglich war geplant, die Rampen gekrümmt auszuführen. Da hierfür jedoch nur wenige Hersteller in Deutschland in Frage kämen, wurden in der Genehmigungsplanung die Radien polygonzugartig angenähert. Der Eindruck einer gekrümmten Rampe wird durch eine entsprechende Holzverkleidung gewährleistet.

4 Brandschutz

Die beiden Geschosse unterhalb der Haupteingangsebene auf Straßenniveau werden beide niveaugleich ins Freie entfluchtet. Daher wurde zu Beginn argumentiert, dass eine Einstufung in die Gebäudeklasse 4 nach Hamburger Bauordnung möglich sei. Da jedoch die erdberührten Außenwände in den beiden Untergeschossen überwiegen, teilte die Baubehörde diese Auffassung nicht. Somit musste das Gebäude als „unterirdisches Gebäude“ und zudem als nicht geregelter Sonderbau in die Gebäudeklasse 5 eingeordnet werden.

Aufgrund der fehlenden inneren Trennwände und der zum Teil offenen Treppen sowie

Rampen zwischen den drei Geschossen liegt ein geschossübergreifender Brandabschnitt mit insgesamt über 3.000 m² Fläche vor. In grober Anlehnung an die Garagenverordnung wurde von BIB Concept ein schutzzielorientiertes Brandschutzkonzept erstellt (vgl. [8]) und mit der Brandschutzkommission Hamburgs abgestimmt (vgl. [9]).

Die Hamburger Bauordnung fordert in der Gebäudeklasse 5 für die tragenden und aussteifenden Bauteile F90-AB. Insbesondere die tragenden Decken aus Brettsperholz weichen mit F60-B deutlich davon ab. Als Kompensationsmaßnahme wurde der Einbau einer selbsttätigen Löschanlage (als Trockenanlage, Wirkzeit 60 Minuten, 75 m³ Löschwasservolumen) in Anlehnung an die VdS CEA 4001 vorgesehen. Weiterhin wurden nichtautomatische Brandmelder, eine akustische und optische Alarmierung im Gesamtobjekt sowie eine Aufschaltung zur Einsatzleitzentrale der Feuerwehr berücksichtigt. Die gesamte Fahrradstation wird video- und wachdienstüberwacht (vgl. [8], [9]).

5 Resümee

Integraler Bestandteil der Verkehrswende sind attraktive Umstiegsmöglichkeiten zwischen dem Rad- und dem öffentlichen Verkehr. Für den Hamburger Süden ist die Fahrradstation Harburg hierfür von zentraler Bedeutung.

Die Fahrradstation Harburg soll neben einem direkten Tunnelanschluss Abstellflächen für 1.200 Fahrräder, eine Werkstatt, Räume für weitere Dienstleistungen und ein 226 m³ großes Regenrückhaltebecken bieten. Die örtlich beengten Platzverhältnisse zwischen den Verkehrsflächen, die Topographie und die Baugrundverhältnisse erfordern eine aufwendige Gründung und Baugrubensicherung. Letztere wird gleichzeitig sichtbarer Bestandteil des fertigen Bauwerks. Um den funktionalen und gestalterischen Ansprüchen gerecht zu werden, sind in den Parkflächen ausschließlich schlanke Stahl-Beton-Verbundstützen und unterzugsfreie Decken aus Brettsperrholzplatten vorgesehen.

Weiterhin wurde bei diesem Projekt von Anfang an das Ziel verfolgt, der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit bestmöglich gerecht zu werden. Das größte Optimierungspotenzial liegt hierfür in den frühen Leistungsphasen. Im Zuge der Vorplanung wurden daher ökologische Bilanzierungen für unterschiedliche Varianten erstellt und im Entscheidungsprozess berücksichtigt (siehe u.a. [5]).

Die Baugenehmigung für das Projekt wurde mit Auflagen am 9.4.2024 erteilt. Laut Kostenberechnung betragen die Gesamtkosten inkl. Nebenkosten, Regenrückhaltebecken usw. rund 15,9 Mio. €. Leider wurde die Entscheidung für die bauliche Umsetzung aus politischen Gründen vorläufig auf Sommer 2025 verschoben. Die Autoren hoffen, dass dieses zukunftsweisende Projekt in absehbarer Zeit umgesetzt wird.

Bildquellen

Bild 1, 2, 3: SUMMACUMFEMMER Summa Femmer Architekt*innen PartGmbH
Bild 4 und 5: entsprechend zitiert [10]
Bild 6, 7, 8, 9, 10, 11: WKC Hamburg GmbH
Bild 12: entsprechend zitiert [10]

Literatur

- [1] Behörde für Verkehr und Mobilitätswende, Hamburg: Bündnis für den Rad- und Fußgängerverkehr, 17.05.2022
- [2] Wettbewerbe aktuell: Ergebnis: Fahrradstation Harburg, <https://www.wettbewerbe-aktuell.de/ergebnis/fahrradstation-hamburg-harburg-105008>
- [3] Fichtner Water & Transportation: Allgemeine Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung, Juli 2019.
- [4] Krüger Michel: Variantenvergleich einer tiefen Baugrube – ökologische und ökonomische Beurteilung, Bachelor-Thesis, Hochschule Wismar, 2021
- [5] Zöllig Stephan, Frangi Andrea, Franke Steffen, Muster Marcel: Timber Structures 3.0 – Neue Technologien für mehrachsige, schlanke Hochleistungs-Holzstrukturen, In: Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 162. Jg., Heft 1–12/2017
- [6] Rothoblaas: Timber-Concrete-Fusion: Holz-Beton-Verbindungssystem, Homepage 06.11.2024
- [7] Hamm Patricia, Richter Antje: Bemessungs- und Konstruktionsregeln zum Schwingungsnachweis von Holzdecken. 2017
- [8] BIB Concept, 2021. Brandschutzkonzept: Fahrradstation Hamburg-Harburg, Neubau einer Fahrradstation, Stand: 18.01.2023
- [9] Summa Femmer Architekt*innen PartGmbH, 2022. Protokoll: Bauvorhaben Fahrradstation Hamburg Harburg, Besprechung Brandschutzkommission, 07.12.2022
- [10] Visualisierungen erstellt von DreideSIGN im Auftrag der P + R-Betriebsgesellschaft mbH, 2024



Dr.techn. Andreas Meisel, SFI
Prüfingenieur für Bautechnik
Geschäftsführender Gesellschafter

andreas.meisel@wk-consult.com

Dipl.-Ing. Deniz Aksu, MBA
Projektleiter Tragwerksplanung
inkl. Baugrube

deniz.aksu@wk-consult.com

WKC Hamburg GmbH
Veritaskai 8
21079 Hamburg

Anne Femmer

Projektleiterin Objektplanung Hochbau

femmer@summacumfemmer.com

Florian Summa

Projektleiter Objektplanung Hochbau

summa@summacumfemmer.com

SUMMACUMFEMMER Summa Femmer
Architekt*innen PartGmbH
Dieskaustraße 101
04229 Leipzig

Dipl.-Ing. Roman Krause

Projektleiter des Bauherrn

roman.krause@pr.hamburg

Dipl.-Ing. René Wulff

Gruppenleiter des Bauherrn

rene.wulff@pr.hamburg

P + R-Betriebsgesellschaft mbH
Steinstraße 20
20095 Hamburg