

Peer Albrecht, Düsseldorf

Bauen an der Kö: Das Themenkaufhaus Sevens in Düsseldorf

Einkaufszentrum in Deckelbauweise



PHILIPP HOLZMANN
Aktiengesellschaft

Einkaufszentrum in Deckelbauweise

Bauen an der Kö: Das Themenkaufhaus Sevens in Düsseldorf

Peer Albrecht, Düsseldorf

Die Königsallee in Düsseldorf gehört zu den bekanntesten Einkaufsstraßen Deutschlands. Nach dem Abbruch eines direkt an der Haupteinkaufsstraße gelegenen Fernmeldeamts wurde an dieser Stelle in einer Bauzeit von nur 19 Monaten ein Themenkaufhaus erstellt, das in wenigen Wochen eröffnen wird (Bilder 1 und 2). Der Bau eines Großprojekts in dieser Lage unter beengten Platzverhältnissen erforderte nicht nur einen hohen logistischen Aufwand, sondern war auch unter herstellungstechnischen Gesichtspunkten sehr anspruchsvoll. Schwerpunkt des Beitrags ist die Ausführung in Deckelbauweise und die Verwendung von hochfestem Beton.

Der Autor:

Dipl.-Ing. Peer Albrecht studierte Bauingenieurwesen in Eckernförde/Kiel und anschließend Bauinformatik in Holzminden. Nach der Tätigkeit in einem Ingenieurbüro und im technischen Büro der Philipp Holzmann AG, HN Düsseldorf, betreute er als Bauleiter mehrere Baustellen im Tiefbau und Hochbau; zuletzt die Baustelle „Der neue Zollhof“. Auf der Baustelle „Sevens“ ist er als Erster Bauleiter eingesetzt.



Bild 1: Luftaufnahme des fertiggestellten Bauwerks

Foto: Laubner-Luftbild, Bonn

1 Das Projekt

Die Königsallee in Düsseldorf gilt schon seit vielen Jahren als Aushängeschild für alle Größen der Mode- und Schmuckbranche. Als Flaniermeile und touristische Attraktion ist die Königsallee für die Landeshauptstadt von besonderer Bedeutung. Durch den Abbruch des vorhandenen Gebäudes entstand eine neu zu bebauende Grundstücksfläche von rd. 3 400 m² an der Königsallee Ecke

Steinstraße (Bild 3). Das L-förmige Grundstück umschließt ein Eckhaus, das nicht Bestandteil des Bauvorhabens war. Zur Königsallee und zur Steinstraße ergab sich jeweils eine straßenseitige Bebauung von rd. 37 m Länge.

Das Architekturbüro Rhode Kellermann Wawrowsky Architektur und Städtebau (RKW), Düsseldorf, entwarf für diese Lage ein zwölfgeschossiges Einkaufszentrum mit

einer Natursteinfassade (Bild 2), dessen Galeriegeschosses sich zu einem mit einer Stahl-Glas-Konstruktion überdachten Atrium öffnen. Um den Umgang des Atriums sind rd. 70 „Shops“ angeordnet. Auf sieben Etagen, vom 1. UG bis zum 5. OG, bietet das Themenkaufhaus „Sevens“ den Kunden auf rd. 15 500 m² Mietfläche ein vielseitiges Angebot von Mode, Schmuck, über den Multimedia- und Computerbereich bis hin zu Lebensmitteln. Entwickelt wurde Sevens unter dem Aspekt Theme-Retailing als zukunftsweisendes Einzelhandelskonzept: Auf jeder Etage befinden sich Läden verschiedener Anbieter zum gleichen Thema. Im zweiten bis fünften Untergeschoss stehen rd. 300 Parkplätze zur Verfügung.

Sevens wird das erste Kaufhaus mit mehr als zwei Obergeschossen Verkaufsfläche an der Einkaufsseite der Königsallee sein. Rund 136 000 m³ umbauter Raum mit rd. 35 600 m² Nutzfläche waren zu erstellen. Hierzu beauftragte die Sevens Düsseldorf GbR als Bauherr die ARGE Themenkaufhaus Sevens unter technischer und kaufmännischer Federführung der Philipp Holzmann AG.

2 Tiefbau

2.1 Schlitzwände

Vor Beginn der Schlitzwandarbeiten waren Hochdruckinjektionen (HDI) an einigen Fundamenten der umgebenden Bebauung erforderlich. Im Anschluss konnte der Aushub bis zur Arbeitsebene der Schlitzwandarbeiten hergestellt werden, die sich ungefähr auf Höhe des Fußbodens des 1. Untergeschosses befand. Für die 252 lfd. m Baugrubenum-



Bild 2: Ansicht von der gegenüberliegenden Seite der Königsallee
Foto: Bachhausen Industriefotografie

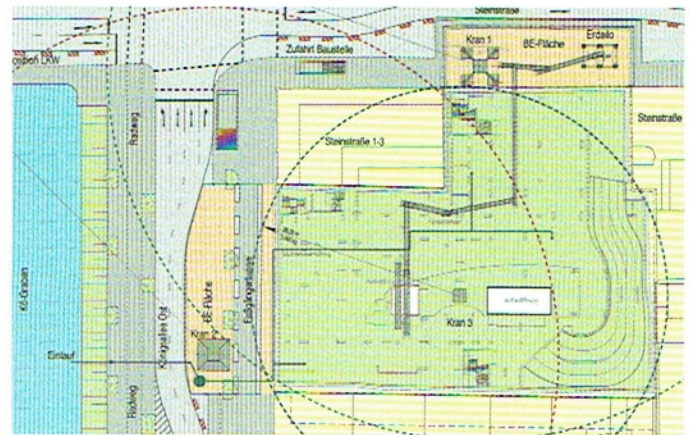


Bild 3: Lageplan mit Baustelleneinrichtung während der Aushubarbeiten unter dem Deckel

schließung wurden 60 cm dicke und bis zu 27 m lange Schlitzwände ausgeführt. Die Gesamtlänge der zu erstellenden Schlitzwände betrug rd. 6 100 m² (Bild 4, Phase 1).

Als Trennelement der einzelnen Schlitzwandlamellen wurde ein Flachfugensystem eingesetzt, wobei in der Fuge zwei Dehnfugenbänder integriert sind, was zu einer sehr guten Dichtheit der Schlitzwand führte. Die Schlitzwände wurden im Normalbereich 5 m und im Eckbereich 7 m tief in das wasserundurchlässige Tertiär eingebunden. Zwischen dem Grundwasser im Bauzustand auf rd. 29 m NN und der Baugrubensohle auf 16,50 m NN ergibt sich ein hydraulisches Gefälle von 12,50 m. Für die durch das Tertiär die Schlitzwand umströmenden Wassermengen von rd. 2 500 m³ pro Tag wurde für die Bauzeit eine Restwasserhaltung, bestehend aus vier Einzelbrunnen, installiert, die das Grundwasser in den Kö-Graben fördern (Bild 3).

2.2 Primärstützen

Im Baufeld wurden 57 Primärstützen in das Erdreich eingebaut (Bild 4, Phase 2). Die bis zu rd. 27 t schweren Primärstützen mit einer Länge von bis zu 18 m und einem Querschnitt von 40 cm x 150 cm wurden als Stahlbetonfertigteile zur Baustelle geliefert. Ein Teil der Primärstützen wurde in B 95 ausgeführt (Tafel). Die Primärstützen dienten während der Bauzeit als erforderliches Lastabtragungsbauteil für die Deckelbauweise; im Endzustand bilden sie die tragenden, sichtbaren Garagenstützen. Als Toleranz für den Einbau standen nur 2 cm zur Verfügung.

Zum Einbau der Primärstützen wurden nach Herstellen einer weiteren Arbeitsebene und der Erstellung der Leitwandkästen zur Führung des Schlitzwandgreifers bis zu 33 m tiefe bentonitgestützte Schlitzlöcher 1,25 m x 3,40 m hergestellt (Bild 5). Nach dem Regenerieren des Bentonits im Schlitz und Laboruntersuchungen vor Ort konnte der bis zu 20 m lange und rd. 9 t schwere Bewehrungskorb in den Schlitz abgelassen werden und auf dem Leitwandkasten abgelegt werden. Die Primärstützen wurden dann in den Bewehrungskorb eingefädelt und gekoppelt. Anschließend konnten Primärstütze und Be-

wehrungskorb bis zur Solltiefe in den Schlitz abgelassen werden (Bild 6). Das erforderliche Gerät musste in der Lage sein, eine 33 m lange und 36 t schwere Last zu heben. Dafür wurde ein großes Hebegerät mit einem Spurabstand von 5,25 m und einem Eigengewicht von rd. 103 t eingesetzt.

Die erhöhten Anforderungen an die Toleranz wurden durch Verwendung von Inklinometern eingehalten, nach deren Messergebnissen mehrere Hydraulikpressen das Fertigteil in die richtige Position brachten. Die Hydraulikpressen waren zum einen am Primärstützenkopf an einer Haube montiert und zum anderen in 9 m Tiefe im bentonitgestützten Schlitz befestigt. Vermessungsingenieure verfolgten den gesamten Einbau der Primärstützen. Ausgeführt wurde eine mittlere Lageabweichung des Primärstützenkopfes von nur 7 mm.

Nach dem Einbau erfolgte das Betonieren der Gründungkörper im Contractor-Verfahren. Die Gründungkörper der Primärstützen sind bis zu 19 m lang, mit einem dem Schlitz entsprechenden Regelquerschnitt von 1,25 m x 3,40 m. Durch die immensen Auftriebskräfte der Sohle, die in die Primärstützen Gründungen eingeleitet werden, wirken einige Gründungkörper, bedingt durch die geringeren Vertikallasten aus der Primärstütze, als Zugpfahl.

3 Rohbau

3.1 Deckelbauweise

Bei der Deckelbauweise wird nach Herstellung der umlaufenden Schlitzwände und der Primärstützen im Baufeld ein Deckel betoniert (Bild 7). Oberhalb und unterhalb des Deckels bestehen bei „Sevens“ verschiedene Stützenraster. Oberhalb wird das Stützenraster vor allem durch das Atrium und die Mieternutzbarkeit bestimmt, während das Stützenraster unterhalb des Deckels durch die Fahrspuren und Parkplätze vorgegeben wird. Die Lastabtragung ließ sich nur über eine Abfangplatte zur Lastverteilung realisieren. Die Decke über dem 2. UG hatte somit im Rohbau zwei Funktionen: Zum einen diente sie als Last verteilende Platte zwischen zwei verschiedenen Stützenrastern und zum anderen als Deckel für die Deckelbauweise.

Der Deckel verteilt die Lasten des Rohbaus oberhalb des Deckels in die Schlitzwände und Primärstützen, so dass zeitgleich mit dem Erstellen der Geschosse oberhalb des Deckels unter dem Deckel der Bodenaushub erfolgen kann und anschließend das Herstellen der Decken, Wände und der Sohle (Bild 4, Phase 3). Die Decken zwischen Sohle und Deckel sind bei dieser Bauweise die Aussteifung der Schlitzwand.

Die Deckelbauweise ist ein Bauverfahren, das für das Herstellen tiefer Baugruben in innerstädtischen Bereichen entwickelt wurde. Durch die sukzessiven Entlastungen des Bodenaushubs und zeitgleichen Belastungen der Rohbauerstellung ergeben sich gegenüber einer Bauweise mit offener Baugrube, bei der die Entlastung des gesamten Bodenaushubs vor der Rohbauerstellung erfolgt und zu wesentlich größeren Hebungen der Baugrubensohle führt, wesentlich geringere Setzungen im Nachbarbereich [1]. Neben den geringeren Setzungen weist die Deckelbauweise weitere Vorteile auf. Aufgrund des parallelen Bauens kann die Rohbauzeit verringert werden. Zusätzlich verringert sich der Lagerplatzbedarf auf der Baustelle, da der Deckel als Lagerfläche vorhanden ist. Die zum großen Teil unter Tage ausgeführten Arbeiten sind weitgehend wetterunabhängig und führen zu geringeren Lärmemissionen. Außerdem kann auf die Rückverankerung der Schlitzwand verzichtet werden.

Je nach Art des Projekts ergeben sich Unterschiede in der Ausführung. Anstelle der hier verwendeten Stahlbetonfertigteile-Primärstützen wurden vor allem bei früheren Projekten, vor der Entwicklung hochfester Betone, Stahlstützen eingebaut, die unter Tage aufwendig mit Beton ummantelt wurden [1].

Der Bodenaushub kann ebenfalls auf verschiedene Arten erfolgen. Ausgeführt wurde bereits das Fördern mit einem Seilbagger als Vertikaltransport oder auch das direkte Befahren der Untergeschosse mit Transportfahrzeugen. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse waren diese Varianten für „Sevens“ nicht geeignet. Der Aushub von insgesamt rd. 41 700 m³ erfolgte über Förderbänder von den Untergeschossen bis zu einem Erdsilo an der Straße (Bild 4, Phase 3).

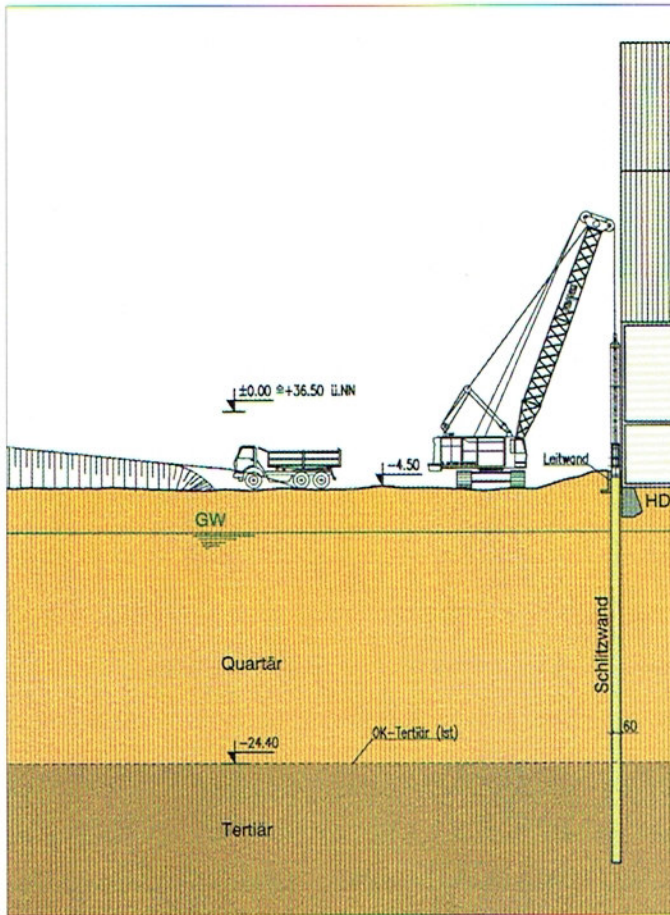
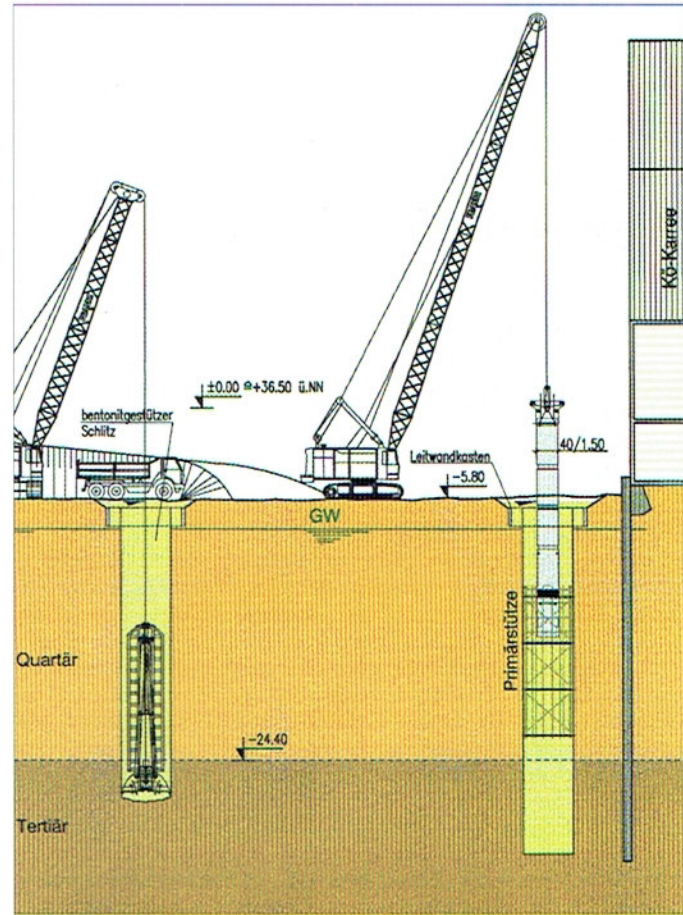


Bild 4:
Phase 1: Schlitzten der Schlitzwandlamellen nach Herstellen der HDI und Leitwände



Phase 2: Erstellung der Primärstützenschlitzte und Ablassen der Primärstützen mit angehängtem Bewehrungskorb des Gründungskörpers

Auch für die Herstellung der unteren Decken gibt es unterschiedliche Varianten. Anstelle die Decken auf dem Planum des anstehenden Bodens zu fertigen [6], wurde die Deckenschalung an den Deckel angehängt. Die Belastung beim Betonieren wurde über Zugstangen bis zum Deckel bzw. bis in die oberen Decken weitergeleitet (Bild 8). Nach dem Erhärten wurde die Schalung über elektrische Seilwinden abgelassen, um eine Etage tiefer wieder als Schalung zu dienen. Der erste Einsatz der Schaltische war die Herstellung des Deckels, bei der die Schaltische auf dem Boden auflag. Anschließend wurden mit der gleichen Schalung die drei Decken hängend unterhalb des Deckels geschalt. Neben dem Vorteil einer gleichmäßig guten Oberfläche der Deckenunterseite bietet diese Variante vor allem die Möglichkeit, den Aushub – soweit statisch möglich – teilweise schon unter der noch nicht fertiggestellten Decke weiterzuführen (Bild 9). Aufgrund der geringen Ausführungszeit war es außerdem erforderlich, den Boden in einem Bereich bereits auszuheben, während im anderen Bereich die Decke noch nicht fertig gestellt war.

Eine weitere Besonderheit der Deckelbauweise bei „Sevens“ ist das Split-Level-Konzept der Garage. Mehrere Rampen verbinden die um eine halbe Geschosshöhe verspringenden Ebenen. Durch den Versprung der zur Aussteifung dienenden Decken ergaben sich

zusätzliche statische Abhängigkeiten, so dass nicht nur die Rampen mit den Decken betoniert werden mussten, sondern gleichzeitig bestimmte als Überzüge dienende Brüstungen oder Wände auf den Rampen mit betoniert werden mussten. Außerdem war es notwendig, die Schaltische in mehreren Phasen auf verschiedene Höhen zu hängen. In aufwendiger Konstruktionsarbeit der Arbeitsvorbereitung wurden diese statischen Abhängigkeiten und die unterschiedlichen Deckentisch-Höhen-Phasen durchdacht und in Plänen dargestellt.

Die Decken geben ihre Belastung über Auflagetaschen an die Schlitzwände und Primärstützen weiter. Außerdem sind an den Primärstützen Bewehrungsschraubverbindungen angeordnet. Nach dem Betonieren der Decken erfolgte das Betonieren der Außen- und Innenwände. Bei den Innenwänden musste das Gewicht des Frischbetons ebenfalls in die oberen Decken eingeleitet werden, da das Fundament der Wände, die Sohle, noch nicht fertiggestellt war. Zum Zeitpunkt der Arbeiten an der Sohle war der Rohbau oberhalb des Deckels komplett fertig, so dass Richtfest und Grundsteinlegung am gleichen Tag gefeiert wurden.

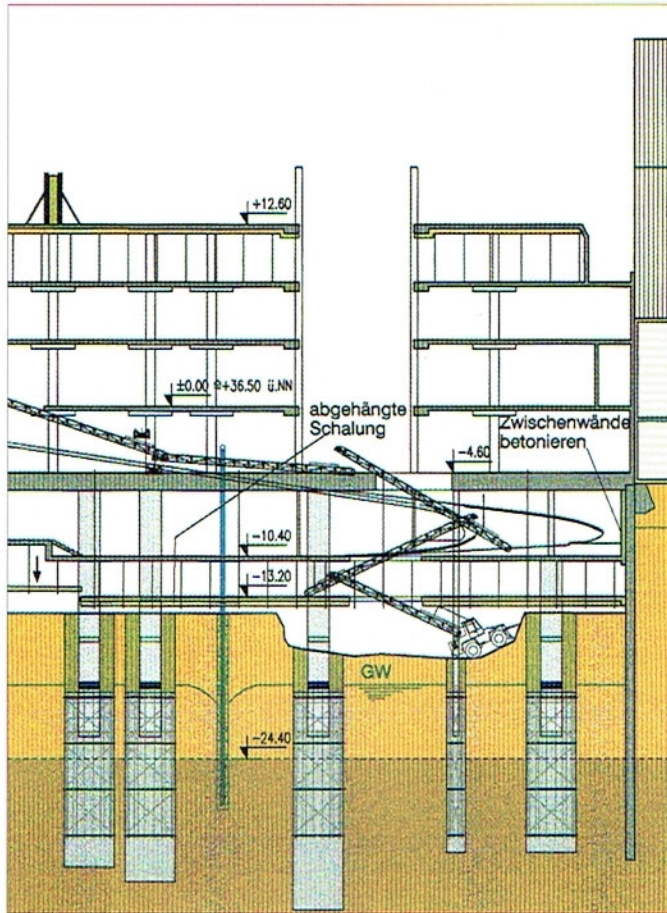
3.2 Weiße Wanne

Nachdem der Beton der Sohle und der Garagenaußenwände seine Nennfestigkeit erreicht

hatte, konnte die Restwasserhaltung abgeschaltet werden.

Da das Grundwasser mit einer Kraft von über 150 kN/m² gegen die Sohle drückt, gerät die Sohle unter Auftrieb und verankert sich über Bewehrungsschlaufen an die Gründungskörper der Primärstützen. Zuganker waren daher nicht erforderlich. Der Rohbau oberhalb des Deckels war zu diesem Zeitpunkt bereits fertig, so dass keine Auftriebsprobleme für das Gesamtbauwerk entstanden. Die Außenwände sind statisch für den gesamten anstehenden Wasserdruck berechnet, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die Schlitzwand vollständig wasserundurchlässig ist bzw. minimale Risse oder Fugen zwischen Außenwand und Schlitzwand entstehen können. Im Endzustand wird die Schlitzwand nur noch durch den Erddruck belastet.

Außenwände, Sohle sowie alle Fugen mussten daher als Weiße Wanne ausgebildet werden. An die Ausführung wurden hohe Ansprüche gestellt, da theoretisch ein Wasserdruck von bis zu 1,5 bar zu erwarten ist, alle Arbeiten unter erschwerten Bedingungen untertage stattfanden, die Sohle als rissempfindlicher Massenbeton auszuführen war und die Außenwände zwischen vorhandenen Decken zwischenbetoniert werden mussten. Eine Abdichtung der Schlitzwand war nicht vorgesehen. Die Außenwände erhielten le-



Phase 3: Gleichzeitiges Bauen nach unten und oben in Deckelbauweise

diglich einen Farbanstrich und auf die Sohle wurde ein 2 cm dicker Verbundestrich aufgebracht. Kleine Undichtigkeiten führen somit sofort zu sichtbaren Feuchteschäden.

Die Außenwände wurden direkt gegen die mit Hochdruckstrahl gereinigten Schlitzwände in einer Dicke von 30 cm betoniert. Geschalt wurde eine einhäufige Schalung aus oben und unten rückverankerten leichtgewichtigen Aluminium-Wandschalelementen (Bild 10). Zum Abtragen der horizontalen Kräfte aus dem Wasserdruck wurde jeweils am Wandkopf ein „Anfänger“ mit der oberen Decke betoniert. Die Schräge der Unterseite nimmt als Auflager der Außenwand einen Teil des auf die Wand wirkenden Wasserdrucks auf. Am Wandfuß wurden zur Aufnahme der Horizontalkräfte Stahlprofile einbetoniert. In dem „Anfänger“ wurden Gewindestangen einbetoniert und auf das Stahlprofil Gewindestangenhülsen aufgeschweißt, um die einhäufige Wandschalung zu verankern. Am Wandfuß entsteht durch diese Konstruktion eine horizontale Deckenoberfläche, die zum besseren Verbund in der Fuge nach dem Betonieren mit Wasser abgestrahlt wurde.

Die Konstruktion bildete die unter statischen, schalungstechnischen und betontechnologischen Aspekten beste Lösung. Entscheidend für das Verhindern von großen Fehlstellen in der oberen Fuge war das richtige Betonieren mit einem Beton ausreichen-

Außenwände, um die Primärstützen im Bereich der Sohle und in die Fuge Sohle/Schlitzwand wurden ebenfalls Injektionsschläuche eingebaut. Die Arbeitsfugen der Sohle wurden mit einem Fugenblech und einem zusätzlichen Injektionsschlauch versehen.

3.3 Allgemeines Rohbaukonzept

Der Beton für die Bauteile unterhalb des Deckels wurde über Pumpen durch bis zu 110 m lange Leitungen eingebracht. Die 1 m dicke Sohle wurde mit einem hütensandreichen Zement (HOZ) betoniert, um Temperaturrisse zu vermeiden (Tafel). Insgesamt wurde die Sohle in 15 Bauabschnitte von je rd. 100 m³ bis 310 m³ Beton eingeteilt.

Die hängenden Decken wurden ebenfalls in fünf

der Konsistenz, ein komplettes Verfüllen, sorgfältiges Nachverdichten und ein ausreichender Abstand der Einfüllstutzen.

Aufgrund des problematischen „Zwischenbetonierens“ wurde ein Baustellenversuch mit einem SCC-Beton durchgeführt. Die guten Ergebnisse beim Betonieren der Außenwände in herkömmlicher Bauweise machten seinen Einsatz jedoch unnötig. Da an der oberen, äußeren Ecke Hohlräume nicht auszuschließen waren, wurde hier ein Injektionsschlauch angeordnet, der komplett mit einem Feinstzement verpresst wurde. Für eventuell auftretende Undichtigkeiten wurde zusätzlich in den Fugen oben und unten je ein Injektionsschlauch eingebaut, der nur im Bedarfsfall verpresst wurde. In die senkrechten Arbeitsfugen der

Bauabschnitten hergestellt. Oberhalb des Deckels wurden möglichst viele Wände als Fertigteilelemente ausgebildet. Hierdurch wurde eine kürzere Bauzeit möglich. Die Stützen wurden mit Stahlschalungen hergestellt. Für die 30 cm bzw. 25 cm dicken Flachdecken, die an den Stützen als 60 cm dicke Pilzköpfe ausgebildet sind, wurde aus wirtschaftlichen und logistischen Gründen (Platzbedarf, Schalgeschwindigkeit und Erfahrung der Schalkolonnen) eine Jochträger-schalung gewählt.

Der Mallumgang des Atriums sollte aus architektonischen Gründen stützenfrei ausgeführt werden, was zu einem über 5 m langen Auskragen der Flachdecke führte. Um starke Verformungen und ein weiches Verformungsverhalten der Kragplatte zu verhindern, wurde die Flachdecke in Spannbeton mit nachträglichem Verbund ausgeführt. Dafür wurden nach der Fertigstellung der unteren Bewehrungslage die Spannstähle aus sieben Einzelstählen in Ovalhüllrohren zwischen unterer und oberer Lage der Bewehrung auf den geforderten Höhen verlegt. Nach Erreichen der erforderlichen Festigkeit wurden die Spannkabel gespannt und anschließend verpresst. Im Stützenbereich waren zum Teil Schubdübel und auch Dübelleisten erforderlich.

4 Beton

4.1 Ausführung des Deckels in B 55

Betontechnologisch wurden an den 1,20 m dicken Deckel besondere Anforderungen gestellt. Massenbeton und sommerliche Temperaturen zur Zeit der Herstellung erforderten zum zielsicheren Erreichen der notwendigen Betonfestigkeit B 55 eine spezielle Rezeptur, die einen geringen Wasserzementwert bei niedrigem Zementgehalt beinhaltet (Tafel). Die Konsistenz wurde mit einem hochwirksamen Fließmittel eingestellt. Hierbei war die richtige Dosierung der wichtigste Faktor, da bei zu hoher Zugabemenge schnell eine zu weiche Konsistenz und ein Neigen zum Entmischen möglich ist.



Bild 5: Gesamtaufnahme der Baustelle zum Zeitpunkt der Erstellung der Schlitzwände und der vorbereitenden Arbeiten der Primärstützen

Tafel: Zusammensetzung ausgewählter Betone

Bauteil		Sohle	hochfeste Primärstützen (Fertigteile)	hochfeste Ort-betonstützen	Deckel
Betonfestigkeitsklasse		B 35	B 95	B 95	B 55
Konsistenzbereich		KR	KR	KF	KR
Zementart und Festigkeitsklasse		CEM III/B 42,5 NW/HS	CEM I 42,5 R	CEM I 42,5 R	CEM III/A 42,5 R
Zementgehalt z	kg/m ³	310	450	450	360
Zusatzstoffgehalt Flugasche f		50	-	-	60
Mikrosilica-Slurry (50 % Feststoff s)	kg/m ³	-	80	90	-
Wassergehalt w	kg/m ³	180	73	75	170
w/(z + 0,4 f)		0,55	-	-	0,45
w/(z + 1,0 s)		-	0,26	0,27	-
Zuschlaggehalt g	kg/m ³	1777	1812	1827	1749
Anteil der Korngruppe 0/2	%	40	32	38	38
Korngruppe 2/8	%	20	22	15	15
8/16	%	40	46	47	47
Zusatzmittel: BV		1,55	1,35	-	1,80
FM	kg/m ³	-	13,50	13,50	1,80
VZ		-	1,35	0,90	1,80

*) Bei Ermittlung des äquivalenten w/z-Werts sind die Flüssigkeitsmengen der Slurry angerechnet. Zusatzmittel sind bei Mengen über 2,5 l/m³ angerechnet.

Der Deckel wurde in fünf Bauabschnitten von je 490 m³ bis 710 m³ Beton hergestellt. In jeden Abschnitt wurden Leerrohre zum Messen der Betontemperatur eingebaut. Die höchste Temperatur erreichte der Deckel, wie erwartet, nach ca. zwei bis drei Tagen mit rd. 48 °C i.M. [4]. Der starke Einfluss der Außentemperatur auf Betone mit hochwirksamen Fließmitteln zeigte sich im letzten Bauabschnitt. Bei gleicher Rezeptur wurde bedingt durch wesentlich niedrigere Außentemperaturen die Erhärtung an der Oberfläche teilweise über die Nacht verzögert. Die Temperaturen im Inneren waren jedoch nicht wesentlich geringer.

4.2 Hochfester Beton B 95

Außer für die Fertigteil-Primärstützen war auch für die Ort betonstützen z.T. ein Beton

der Festigkeitsklasse B 95 erforderlich, um bei gleich bleibenden Stützenquerschnitten noch ausführbare Bewehrungsquerschnitte zu erreichen. Der B 95 wurde nach der Richtlinie für hochfesten Beton hergestellt und verarbeitet [8]. Die Festigkeit wurde durch die Zugabe von 90 kg/m³ Mikrosilica-Slurry erreicht (Tafel). Die Schwierigkeit bei der Herstellung kleiner Mengen von hochfestem Beton als Ort beton liegt weniger darin, die geforderte Festigkeit zu erreichen, als darin, eine kontinuierlich gut zu verarbeitende Konsistenz zu erhalten [2]. Zu Schwierigkeiten dabei kann das Dosieren des Fließmittels auf der Baustelle führen, da die Mischwirkung der Transportfahrzeuge weniger wirkungsvoll ist als die der stationären Teller mischer im Werk und zum effektiven Untermischen eine Einspritzanlage am Transportfahrzeug erforder-

lich ist. Außerdem kann während des Betonierens zeitbedingt die Wirkung des Fließmittels nachlassen. Eine Überdosierung des Fließmittels kann außerdem zu einem verzögerten Erhärten oder dem Bluten des Frischbetons führen [5]. Durch die Entwicklung immer wirksamerer Fließmittel wird der Einsatz vereinfacht.

Im Werk wurde ein hochwirksames Fließmittel auf Basis von Polycarboxylether eingesetzt, das auch als Betonverflüssiger zugelassen ist. Dabei war die Konsistenz jeweils so eingestellt, dass der Beton bei der Ankunft auf der Baustelle eine gut verarbeitbare Konsistenz aufwies und ohne weitere Wartezeiten durch erneute Dosierung eingebaut werden konnte.

Durch den hohen Gehalt an Feinststoffen aus Zement und Mikrosilica gleicht ein solcher hochfester Beton mit einem hohen Ausbreitmaß auch einem SCC-Beton. Umgekehrt könnte auch ein SCC-Beton aufgrund der eventuell hohen Menge an Zement und Zusatzstoffen zu einem hochfesten Beton werden.

Bei hochfesten Betonen sind aus Brandschutzgründen Zusatzmaßnahmen erforderlich [2]. Der Brandschutz wurde durch den Einbau zusätzlicher Bewehrungsmatten N141 gewährleistet, die aus Stäben (Ø 3 mm) zusammengesetzt waren [7]. Die fertigen Stützenbewehrungskörbe konnten in die Matten eingerollt werden. Durch den Einsatz von Matten wird die Herstellung des sensiblen Hochleistungsbetons nicht zusätzlich durch die alternativ einsetzbaren Polypropylenfasern erschwert, die Einfluss auf die Festigkeit und Konsistenz haben. Im Verhältnis zum Gesamtpreis und der meist geringen Mengen ist der Preisunterschied zwischen Matten und Polypropylenfasern von geringer Bedeutung.

Die gemessenen Frischbetonrohddichten lagen zwischen 2,40 kg/dm³ und 2,55 kg/dm³, i.M. bei 2,46 kg/dm³. Die Festbetonrohddichten lagen zwischen 2,39 kg/dm³ und 2,48 kg/dm³, i.M. bei 2,44 kg/dm³. An jedem der 19 Tage, an denen hochfester Beton zum Einsatz kam, wurden mehrere Probewürfel



Bild 6: Ablassen einer Primärstütze mit angehängtem Bewehrungskorb



Bild 7: Betonieren eines Deckelabschnitts

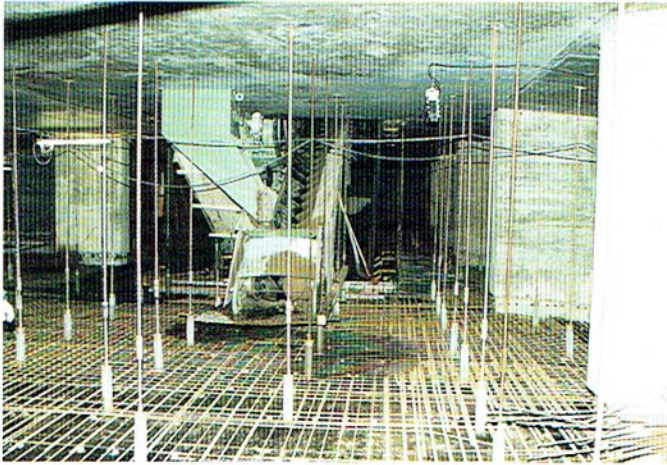


Bild 8: Teilbewehrte hängende Decke und Förderbänder



Bild 9: Förderbandaufgabe im Bereich der Split-Level-Rampen

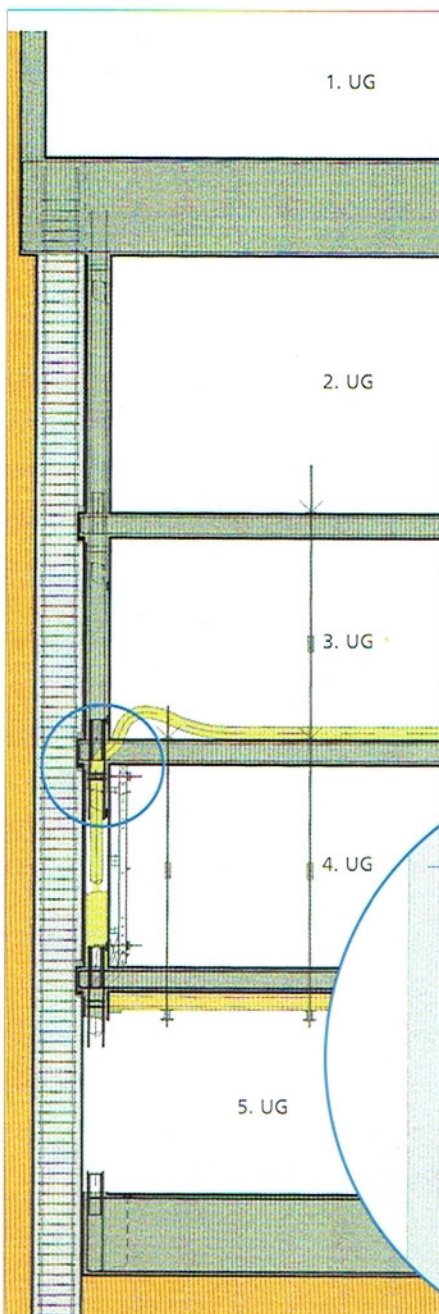


Bild 10: Detail der Garagenaußenwände

hergestellt und nach 24 h, 3, 7, 28, 56 und 90 Tagen die Druckfestigkeit ermittelt. Dabei gibt bereits die Festigkeit nach 24 h einen guten Aufschluss über die zu erwartende Endfestigkeit; hochfeste Betone haben zu diesem Zeitpunkt bereits 50 % bis 60 % der Endfestigkeit erreicht [3]. So konnte bereits bei der Qualitätskontrolle nach einem Tag eine Festigkeit von mindestens 46 N/mm² nachgewiesen werden. Anhand der Prüfergebnisse konnte ein Festigkeitsverlauf mit Festigkeiten von sechs unterschiedlichen Lagerungszeiträumen erstellt werden (Bild 11).

Neben der hohen Anfangsfestigkeit nach 24 h, die im Mittel bei 55 % der Nennfestigkeit lag, wurden bereits nach einer Woche 88 % der Nennfestigkeit erreicht. Der Festigkeitszuwachs zwischen der 28-Tage-Festigkeit und der 90-Tage-Festigkeit betrug 7 %, was den bisherigen Erfahrungen von 5 % bis 10 % bei hochfesten Betonen unter Verwendung von Portlandzementen entspricht [3]. Nach 28 Tagen lag die Festigkeit im Mittel 16 % über der Nennfestigkeit, nach 90 Tagen 24 % über der Nennfestigkeit. Der Streubereich der Messwerte im Verhältnis zum Mittelwert betrug nach 28 Tagen 19 % und stieg

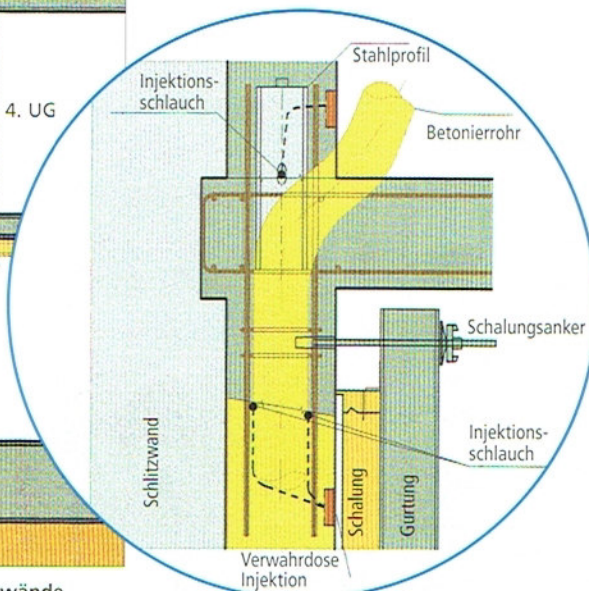
nach 56 Tagen auf 24 % bzw. nach 90 Tagen auf 21 %.

Aus Bild 11 wird ersichtlich, dass die Maximalwerte zwar stiegen, die Minimalwerte jedoch fast konstant blieben. Das entspricht bisherigen Erfahrungen von größeren Streuungen bei höheren Festigkeiten aufgrund des Versagens durch Spannungskonzentrationen oder Materialinhomogenitäten [3]. Bei einigen Proben konnte zwischen der 56- und 90-Tage-Festigkeit sogar ein geringer Festigkeitsverlust von 1 % bis 2 % festgestellt werden. Bei Laborversuchen wurden bei Betonen der Festigkeitsklasse >B 105 bei trockener Lagerung ebenfalls Festigkeitsverluste festgestellt [3]. Für die Ursachen dieser geringen Festigkeitsverluste zwischen 56 Tagen und 90 Tagen, die nicht immer auftreten, gibt es noch Klärungsbedarf. Hieraus lässt sich jedoch ableiten, dass das Prüfalter, an dem die Nennfestigkeit von hochfesten Betonen nachgewiesen wird, 28 Tage nicht überschreiten sollte.

5 Logistik

Für die Anlieferung sämtlicher Baumaterialien stand nur ein sehr begrenzter Platz zur Verfügung. Um den Fußgängerverkehr und das Erscheinungsbild auf der Königsallee möglichst wenig zu beeinträchtigen, wurde an der Seite zur Königsallee ein 5 m breiter, 4 m hoher, beplanter und beleuchteter Fußgängertunnel aufgestellt. Eine Einfahrt in die Baugrube während der Tiefbauzeit bzw. die Zufahrt zur Baustelle während des Rohbaus und Ausbaus war somit nur über die Steinstraße auf einer Breite von rd. 35 m möglich.

Alle Anlieferungen mussten bereits eine Woche im Voraus zeitlich fest koordiniert werden, um Wartezeiten der Lkws sowie Warteschlangen zu verhindern. Der jeweils für die Anlieferungen im Bereich der Baustelle nur temporär zur Verfügung stehende Lagerplatz machte eine Anlieferung „just in time“ notwendig. Teilweise konnten die Anlieferung bzw. der Bauschutttransport nur nachts erfolgen, da tagsüber keine Standplatzkapazitäten für Fahrzeuge zur Verfügung standen. Auch die Krankkapazität war begrenzt und erforderte eine Vorplanung der kranabhängigen Arbeiten.



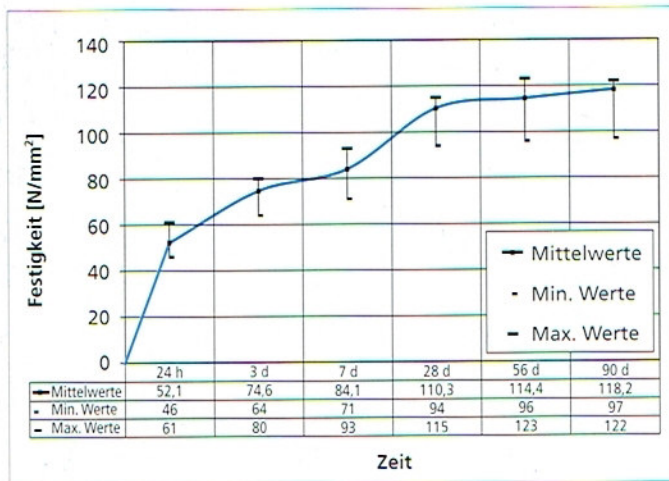


Bild 11: Festigkeitsentwicklung des Ortbetons B 95

Fotos und Grafiken: Philipp Holzmann

Die Baumassen für die Großbaustelle mussten unauffällig durch das Nadelöhr Königsallee geschleust werden. Rund 28 000 m³ Beton, 3 200 t Bewehrungsstahl, 51 400 m³ Aushub, 8 700 m² Deckenschalung, 8 500 m² Wandfertigteillemente, 7 500 m Spann Stahl, 11 000 m Hängestangen und vieles mehr wurde während der Tiefbau- und Rohbauzeit Lkw für Lkw vordisponiert. Außerdem fielen diverse Sondertransporte z.B. für die 18 m langen Primärstützenfertigteile und die 7 t schweren Rolltreppen an, die nach Fertigstellung des Rohbaus mit einem 450-t-Autokran über das Dach eingehoben werden mussten. In den letzten Monaten mussten zusätzlich die Anlieferungen des Ladenausbaus und in den letzten Wochen auch noch die Warenanlieferung zu den Anlieferungen der Bauaktivitäten eingeplant werden.

Es wurde eine Logistikordnung aufgestellt, um alle Beteiligten in den erhöhten Ko-

ordinierungsaufwand einbinden zu können. Während der Tiefbauzeit wurde in täglichen Abstimmungsgesprächen der genaue Standort von Geräten und Material festgelegt und in grafischen Wochenplänen vorgeplant, um z.B. die Arbeit von zwei parallel laufenden Schlitzeinheiten sowie die der großen Hebegeräte in der kleinen Baugrube zu ermöglichen.

Die Bauausführung des Themenkaufhauses Sevens stellte sowohl unter technischen als auch logistischen Aspekten eine besondere Herausforderung dar. Während der Tiefbauarbeiten mussten 18 m lange Stahlbeton-Fertigteil-Primärstützen zusammen mit den Bewehrungskörben der Gründungskörper in bis zu 30 m tiefe bentonitgestützte Schlitzlöcher abgelassen werden und mit minimalen Toleranzen von ± 2 cm einbetoniert werden. Split-Level-Rampen, die eine geradlinige Aussteifung der Untergeschossdecken verhinderten, sowie die Forderung, die Garage gegen 15 m Wasserdruck als Weiße Wanne auszubilden, stellten zusätzliche Herausforderungen an die nicht häufig ausgeführte Deckelbauweise dar. Im Rohbau kam Beton der Festigkeitsklasse B 95 sowohl für die Fertigteile als auch in Ortbetonbauweise zum Einsatz. Der über 1,20 m dicke, bei sommerlichen Temperaturen herzustellen-

de Deckel wurde als Massenbeton der Festigkeitsklasse B 55 hergestellt. Die Flachdecken wurden als vorgespannte Decken ausgeführt.

Außerst geringe Kapazitäten für das Lagern von Materialien, die geringe Stellfläche für die Andienung und die geringen Hochbaukapazitäten sowie der Wunsch der Anlieger und die Vorgabe der Stadt Düsseldorf nach einem das Kaufverhalten und das Erscheinungsbild der Königsallee möglichst nicht störenden Bauablauf erforderten eine aufwendige Logistik.

Zu diesen technischen und logistischen Anforderungen kam eine sehr geringe Gesamtbauzeit von insgesamt 19 Monaten von Beginn der Tiefbauarbeiten bis zur schlüsselfertigen Übergabe. Vom Betonieren des letzten Deckelabschnitts bis zur Fertigstellung des Rohbaus mit elf Geschossen, davon vier unterhalb des Deckels, vergingen trotz der komplexen Randbedingungen nur acht Monate.

6 Zusammenfassung

Literatur

- [1] Pause, H.: Umweltfreundliches Bauverfahren für tiefe Baugruben in Städten. Technischer Bericht der Philipp Holzmann AG, November 1981
- [2] Albrecht, P.: Der neue Zollhof. beton 48 (1998) H. 9, S. 538-544
- [3] Richter, T.: Hochfester Beton - Hochleistungsbeton, Verlag Bau+Technik, Düsseldorf 1999, S. 48-52
- [4] Dose, R.; Meures, G.: Der Turm der Victoria Versicherung, ein neues Wahrzeichen der Landeshauptstadt Düsseldorf. Beton-Informationen (2000) H. 1, S. 8-15
- [5] Lang, E.: Hochleistungsbeton mit Hochofenzement, Beton-Informationen (1998) H. 1, S. 11-23
- [6] Damsky, H., Werner, M.: Shadow-Arkaden in Düsseldorf. Deckelbauweise mit Primärstützen aus hochfestem Beton (B 90). Bautechnik (1994) H. 8, S. 452-459
- [7] Hegger, J.; Nitsch, A.; Burkhardt, J.: Hochleistungsbeton im Fertigteilbau. Betonwerk+Fertigteil-Technik (1997) H.2, S. 81-90
- [8] DAiStb-Richtlinie für hochfesten Beton. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton (08.95)

Bauherr:	Sevens Düsseldorf GbR St.-Franziskus-Straße 144-146, 40470 Düsseldorf
Architekten:	Rhode Kellermann Wawrowsky GmbH & Co KG Architektur und Städtebau Tersteegenstraße 30, 40474 Düsseldorf
Generalunternehmer:	ARGE Themenkaufhaus Sevens Philipp Holzmann AG (techn. + kaufm. federführend), Rudolf Otto Meyer GmbH & Co KG
Tiefbau, Rohbau, Ausbau, Fassade:	Philipp Holzmann AG - HN Düsseldorf Eduard-Schulte-Straße 1, 40225 Düsseldorf
Haustechnik:	Rudolf Otto Meyer GmbH & Co KG Palmenstraße 15, 40217 Düsseldorf