

## **Baustellenbericht zu der praktischen Durchführung einer Ertüchtigung von Konstruktionsbeton im Rahmen einer Zustimmung im Einzelfall**

### **„Betonertüchtigung“ tragender Betonstützen im Bauvorhaben Bugenhagenstrasse 21, Hamburg**

#### **Vorgeschichte:**

Das Architekturbüro „jan klinker architekten“ (Hamburg) wurde vom Bauherren, Firma Procom, mit der Planung des Umbaus „Bugenhagenstrasse 21“ beauftragt.

Bei dem Gebäude handelt es sich um ein ca. 1960 erbautes, 5 geschossiges Gebäude in exponierter Innenstadtlage von Hamburg, welches bis zum Umbau zu einem exklusiven Hotel als Bürogebäude genutzt wurde. Im Zuge des Umbaus wurde das Gebäude um eine weitere Etage aufgestockt.

Zur Umbauplanung wurde das auf Tragwerkberechnungen spezialisierte Ingenieurbüro Brakemeier hinzugezogen und Untersuchungen hinsichtlich der vorhandenen Druckfestigkeit der tragenden, bewehrten Betonstützen sowie der Lasteinleitungsbereiche durchgeführt. Die vom Prüfstatiker, WTM Engineers GmbH, Herr Stefan Heidrich, geforderte Mindestdruckfestigkeit von  $16\text{N/mm}^2$  wurde anhand der entnommenen Proben nicht erreicht.

Damit war klar, dass eine Sanierung der vorhandenen Stützen und Lasteinleitungsbereiche notwendig war. Das Architekturbüro, vertreten durch den Architekten, Herrn Hellbusch, hat daraufhin verschiedene konventionelle Sanierungsmöglichkeiten zur Erhöhung der Druckfestigkeit der vorhandenen Stützen geprüft. In Frage kam eine zusätzliche Bewehrung inkl. Spitzbetonüberdeckung oder eine Ummantelung mittels CFK-Lamellen inkl. Brandschutzmaßnahmen.

Beide Sanierungs-Varianten wären mit erheblichem Flächenverlust verbunden gewesen. Der Flächenverlust sowie die Kosten für eine solche Maßnahme zwangen die am Bau Beteiligten jedoch dazu, über Alternativen nachzudenken.

Der Architekt hat sich dann an Herrn Sievers mit der Bitte gewandt, zu prüfen, ob mittels von ihm entwickelter Niedrigdruck-Injektionstechnologie die geforderte Erhöhung der Druckfestigkeit ohne Flächenverlust ermöglicht werden konnte.

Herr Sievers hatte aufgrund der Aufgabenstellung sowohl das MPI (Materialprüfung und Entwicklung, Herrn Jens Hellberg) als auch das IBBI, Ingenieurbüro für Baustoffanwendungen, Bauwerksuntersuchung und

Instandsetzungsplanung (ö. b. u. v. Sachverständiger Herrn Dr.-Ing. Frank Langer) hinzu gezogen. Zur Prüfung und Festlegung der Vorgehensweise wurden verschiedene Untersuchungen des Ist-Zustandes vom Beton hinsichtlich Druckfestigkeit, Wasseraufnahmefähigkeit und Porenvolumen sowie Injektionsversuche mit unterschiedlichen Materialien sowohl an den Stützen vor Ort als auch an entnommenen Proben im Technikum der Firma sowie beim IBBI und MPI durchgeführt.

Ausgehend von den Untersuchungsergebnissen der entnommenen Proben und in Abstimmung mit IBBI wurden im Technikum der Firma verschiedene Injektionsmaterialien auf ihre Einsatzmöglichkeit und Wirksamkeit erprobt. Anhand der erreichten positiven Ergebnisse wurde das Material hinsichtlich der Produktart und Menge sowie ein Injektionsschema für die in situ Injektion festgelegt und Probeinjektionen durchgeführt. Das IBBI wurde beauftragt, Kontakt zur Genehmigungsbehörde aufzunehmen.

Für die Durchführung der von H.Sievers entwickelten Betonertüchtigung gibt es kein normiertes Regelwerk, man konnte auch nicht auf technische Baubestimmungen oder allgemein anerkannte Regeln der Technik zurückgreifen. Die von Herrn..Sievers entwickelte „Betonertüchtigung“ ist deshalb nicht als geregelte Bauart im Sinne der Landesbauordnung anzusehen. Deshalb musste die Zustimmung im Einzelfall bewirkt werden.

Die Zulassung wurde im April 2011 erteilt, die Arbeiten im August 2011 begonnen und im Januar 2012 erfolgreich abgeschlossen.

### **Durchführung der „Betonertüchtigung“**

Beschreibung des Verfahrens

Auf Grundlage der bei der Zustimmung im Einzelfall erteilten Rahmenbedingungen und unter ständiger gutachterlicher Begleitung vom IBBI wurde die Durchführungsplanung erstellt und die Sanierung durchgeführt. Die Bauleitung wurde gemeinsam von Herrn Thomas Sievers und vom staatl. gepr. Hochbautechniker, Herrn Marcel Köster, durchgeführt. Begonnen wurden die Arbeiten im Keller, anschließend Etagenweise vom EG aufwärts bis zum 4. OG weitergeführt.



Bewehrungssuche zur Bestimmung der Injektionskanäle

Zuerst wurden das Bohrraster für die Bohrungen der Injektionskanäle anhand

des vorher festgelegten Injektions-Schemas festgelegt und die Bohrungen der Injektionskanäle durchgeführt sowie die Stützen verdämmt, um einen unkontrollierten Austritt des Injektionsmaterials zu verhindern. Anschließend wurden die Injektionsstifte gesetzt und die Injektion durchgeführt. Je Stütze und Lasteinleitungsbereich wurde die vorher festgelegte Menge an Injektionsmaterial im MegaBond-Niederdruck-Injektionsverfahren eingebracht. Durch IBBI wurden je Stütze vor Beginn der Injektion Ultraschallmessungen durchgeführt, vom MPI Bohrkerne entnommen und auf Druckfestigkeit geprüft.



Stütze im EG. Durchführung der Niederdruck-Injektion

Zur Beschleunigung der verfestigenden Wirkung des Injektionsmaterials wurden die Stützen nach der Injektion für 72 Stunden ein gehaust und kontrolliert erwärmt.



ein gehauste Stützen 1. OG

Anschließend wurden die Einhausung und die Verdämmung entfernt und vom IBBI wurden je Stütze und Lasteinleitungsbereich 1 Bohrkern zufällig ausgewählt und im Labor von IBBI die Druckfestigkeit geprüft und dadurch objektiv und repräsentativ nach den Vorgaben der Zustimmung im Einzelfall ermittelt. Parallel wurden Ultraschallmessungen durchgeführt.



Ansicht 1. OG, fertig ertüchtigte Stützen

### **Das Ergebnis der Betonertüchtigungsmaßnahme**

Die Zulassung im Einzelfall mit Zustimmungsbescheid Nr.:ABH 31 634 346-3/2-2 wurde in allen Punkten erfüllt und der Bauherr konnte problemlos und ohne Flächenverlust die Umbaumaßnahmen abschließen.

Die vorhandene durchschnittliche Druckfestigkeit der Stützen und Lasteinleitungsbereiche vor Beginn der Sanierungsmaßnahme, ermittelt durch Beprobung an den ertüchtigten Stützen, betrug  $9,8 \text{ N/mm}^2$ . Der geringste ermittelte Einzelwert betrug  $6,8 \text{ N/mm}^2$ .

Die durchschnittliche Druckfestigkeit der bearbeiteten Stützen und Lasteinleitungsbereiche betrug nach der Sanierungsmaßnahme  $23,7 \text{ N/mm}^2$ , der geringste Einzelwert  $16,0 \text{ N/mm}^2$ , der höchste Einzelwert  $33,9 \text{ N/mm}^2$ . Prozentual ausgedrückt wurde eine Erhöhung der durchschnittlichen Druckfestigkeit um ca. 140% erreicht. Aufgrund des eingesetzten Injektionsmaterials wird eine Nachverfestigung über die Zeit erfolgen, vergleichbar mit der fortschreitenden Hydratation von Zement.

Interessant war auch die Tatsache, dass schon bei der Festlegung des von Sievers entwickelten Betonertüchtigungsverfahrens die Möglichkeit einer Nachinjektion berücksichtigt wurde, was auch an 2 Stützen durchgeführt wurde, nachdem die Mindestdruckfestigkeit von  $16 \text{ N/mm}^2$  nach der ersten Injektion nicht erreicht wurde. Das bedeutet, dass sich, bis zu einer physikalischen Grenze, der Beton hinsichtlich der Druckfestigkeit weiter erhöht und hinsichtlich der eingesetzten Materialmenge differenziert vorgegangen werden kann. Für das vorbeschriebene Verfahren wurde beim Deutschen Patentamt ein internationales Schutzrecht angemeldet.

## **Beteiligte Firmen:**

### **Bauherr**

Procom Invest GmbH & Co. KG  
Rathausstr. 7  
20095 Hamburg  
Projektleiter: Peter Flacht  
040-37643-500

### **Planung und Ausführung der „Betonertüchtigung“**

Thomas Sievers  
Bauleitung: staatl. geprüfter Hochbautechniker, SIVV , Marcel Köster  
Artlenburger Landstr. 39-41 21365 Adendorf  
Email: sievers@bt-is.de

### **Begleitung Produkt- und Verfahrensentwicklung**

Jens Hellberg  
MPI Materialprüfung und Entwicklung  
Telefon: +49 4131 88 43 947  
Email: hellberg@mpi-pruefinstitut.de

[www.mpi-pruefinstitut.de](http://www.mpi-pruefinstitut.de)

### **Gutachterliche Begleitung**

Dr.-Ing. Frank Langer  
IBBI Ingenieurbüro für Baustoffanwendungen, Bauwerksuntersuchung und Instandsetzungsplanung,  
Dr.-Ing. Frank Langer (BDB, VDB Sachverständiger für Baustoffe, Betontechnologie und für Estrich,  
öffentlich bestellt und vereidigt von der Handwerkskammer Hamburg, Mitglied im Betonerhaltung  
Nord)  
Andreas - Meyer - Straße 9, 22113 Hamburg, T: 040-78071643 F : 040-78071642 M: 0151-12535360

### **Behörde**

Freie und Hansestadt Hamburg, Amt für Bauordnung und Hochbau, Referat für Bautechnik – ABH 31  
Herr Oliver Brune  
Stadthausbrücke 8, 20355 Hamburg  
Tel.: 040-428 40 2204

### **Statiker**

Fridtjof Brakemeier Ingenieurbüro für Bauwesen  
Rahlstedter Str. 191  
22149 Hamburg  
040-675660-0

## **Firmenprofil:**

Eigenentwickelte Riss-Injektionstechnik im Niederdruck-Verfahren nach ZTV-Ing. und DIN/EN 1504-5 Zulassung. Merkmale:

- kraftschlüssige Riss-Injektion bei trockenen und feuchten Rissen und/oder gegen drückendes Wasser in einem Injektionsvorgang  
= Materialersparnis
- Niederdruckverfahren (0,1 bis 1bar) ohne Anbohren, die Injektion erfolgt über den Riss und kann sofort nach der Verdämmung ausgeführt werden  
= Zeitersparnis

Betonentwicklung, FuE im eigenen Technikum, Schutzrechtsentwicklungen:

- Suspensionsbeton (eigene Schutzrechte)  
= erhöhte Früh- und Endfestigkeiten, verbesserte Konsistenz, UHPC-Betone, SVB-Betone
- zeroCEM<sup>®</sup> - Betone ohne Zement mittels Suspensionstechnologie  
= CO<sup>2</sup> Minimierung, verbesserte Betoneigenschaften (u. A. Brandschutz, Frost-Tausalz), ggf. Kosteneinsparung

Betonertüchtigung:

- Ertüchtigung von Bestandsbeton mittels eigenentwickelter Technologie (siehe Vortrag), abgestimmt auf die jeweiligen Objekt-Anforderungen  
= Kostenersparnis, Weiternutzung der vorhandenen Bausubstanz, Zeitersparnis, kein Flächenverlust