



Sihlcity – ein neuer Stadtteil im Süden von Zürich

René Schütz, Philipp Hubler, Urs Järnmann



René Schütz, Philipp Hubler, Urs Järmann*

Herausforderungen für den Bauingenieur

Die Überbauung "Sihlcity" weist bei mehreren Gebäuden eine spezielle Tragwerkskonstruktion auf. Sei es die freie Auskragung von 15 m beim Dach des Parkhauses oder die grossen, ovalen Deckenöffnungen in der Shoppingmall; Sihlcity – eine Herausforderung für die Bauingenieure.

Am 22. März 2007 wurde der neue Stadtteil Sihlcity mit einer Vielfalt von Angeboten auf 100'000 Quadratmetern eröffnet. Rund um den alten Fabrikamin, unübersehbares Wahrzeichen von Sihlcity, befinden sich 13 Gastronomiebetriebe, 9 Kinos, ein Kulturhaus, eine Diskothek, ein Fitness- und Wellnesscenter, ein Hotel mit 132 Zimmern, ein Einkaufszentrum mit 60 Verkaufsläden sowie Dienstleistungsflächen und 16 Stadtwohnungen. Dieses reichhaltige Freizeit- und Arbeitsangebot macht Sihlcity zur einzigartigen Erlebniswelt an bester Lage im Süden von Zürich.

Die Überbauung "Sihlcity" wurde von 2003 bis 2007 auf dem Areal der ehemaligen Papierfabrik Sihl errichtet. Einzelne bauliche Aspekte des neuen Stadtteils unterliegen Vorgaben der Denkmalpflege. Bestehende Bauten wurden mit moderner Architektur kombiniert. Drei alte Fabrikgebäude sowie der Fabrikamin bleiben bestehen und bereichern mit ihrem historischen Charme die Atmosphäre von Sihlcity. Die grosse Herausforderung am Projekt Sihlcity waren die elf unterschiedlichen Baukörper. Dabei handelt es sich um acht Neubauten und drei Umbauten. Im folgenden Bericht beschränken wir uns auf die speziellen Tragkonstruktionen einzelner Gebäudeteile, welche für den Bauingenieur besonders anspruchsvoll waren.

Wendelrampen

Die Wände des kreisrunden Turms sind 50 cm dick, die daran angeschlossenen Wendelrampenplatten sind konisch ausgebildet und messen im Querschnitt bei der Anschlussstelle an den Turm 47 cm und aussen bei der Brüstung 22 cm. Zuerst wurden die runden Turmwände mit den Schraubbewehrungsanschlüssen für die Rampen hoch

1
Die Wendelrampen des Parkhauses mit der Dachauskragung von 15 m.

3



4

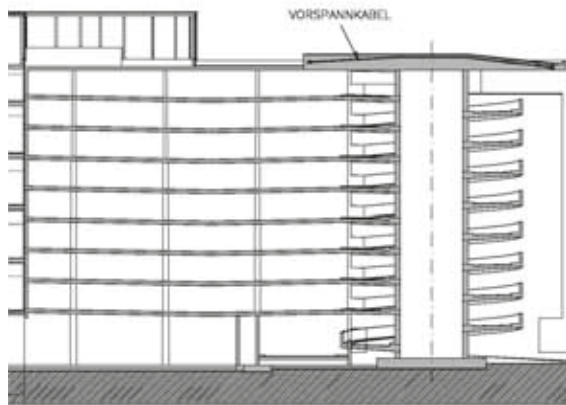


- 2 Schnitt durch Parkhaus mit eingezeichneten Spannkabel in den Überzügen
- 3 Die Turmwände werden vorgängig mit einer Kletterschalung erstellt
- 4 Die Rampenplatte wird in Etappen erstellt. Sie ist mit Schraubbewehrung an den Turmwänden angeschlossen
- 5 Überzug des Parkhausdaches

gezogen, anschliessend wurden die 4.5 m auskragenden Rampenplatten betoniert. Zuletzt wurde die Brüstung der Rampe erstellt. Die sehr aufwändige Sichtbetonschalung der Rampe wurde pro Umlauf drei Mal verwendet.

Parkhaus-Dach

Das Dach des Parkhauses überspannt die oberste Parkinge-bene, den vor dem Parkhaus liegenden Büroteil sowie die beiden Wendelrampen. Die Auskragung des Dachs beträgt 12 bis 15 m. Durch die horizontale Untersicht und die geringe Deckenstärke von 50 cm wirkt das Dach schwebend.



2

Um diese Auskragung zu realisieren, wurde die Decke mit fünf von unten nicht sichtbaren, bis zu 87 cm hohen Überzügen ausgebildet. Die Überzüge sind vorgespannt, insgesamt wurden 20 Vorspannkabel mit einer Vorspannkraft von je 2'400 KN verlegt.

5



3

6

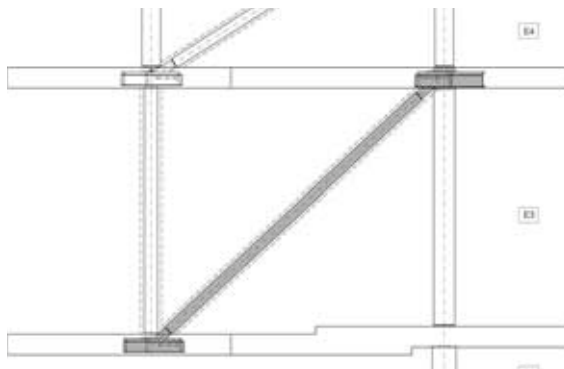


Gebäudeauskragung Einkaufszentrum

Die obersten beiden Geschosse des Einkaufszentrums sind gegen Norden hin 8.5 m auskragend. Da dieser grosse Überstand selbst mit vorgespannten Decken statisch nicht



8



7

zu bewältigen war, kam eine räumliche Tragstruktur in Form eines zweigeschossigen Fachwerkes zur Anwendung. Diese Lösung erfüllt die hohen Anforderungen des Architekten und ist gleichzeitig äusserst wirtschaftlich.

Bestandteile des Fachwerkes sind die Decken, die Stützen sowie die quer durch den Raum verlaufenden, auf Zug beanspruchten Diagonalstäbe. Diese bestehen aus brandgeschützten Rundstahlprofilen, welche bereits im Werk mit den Durchstanzpilzen der Decken verschweisst wurden. Da die Qualitätsanforderungen an die Schweißnähte sehr hoch sind, hatte jede einzelne Naht einer Ultraschallprüfung Stand zu halten.

4



Tragkonstruktion Mall

Die Mall ist der zentrale Bereich des Einkaufszentrums. Es handelt sich um eine 20 m breite, über mehrere Geschosse verlaufende Ladenstrasse. Grosszügige, ovale Deckenöffnungen bringen das Tageslicht hinein und ermöglichen den Sichtkontakt von Etage zu Etage. Die Decken sind entlang der Öffnungen frei tragend. Die Auskragung gegenüber der nächstgelegenen Stützenreihe beträgt hier bis zu 6.5 m. Zur Beschränkung der Deformationen auf das zulässige Mass wurden die Decken vorgespannt. Die Spannkabel verlaufen quer zu den Oberlichtern, es kamen Flachkabel zur Anwendung. Im Luftraum der Deckenöffnungen sind Verbindungstreppen angeordnet, welche aus Stahl gefertigt sind und rund 13 m überspannen. Die erforderliche Steifigkeit der Konstruktion ist durch die seitlichen Wangebleche gewährleistet.

Fachwerkbrücke über Kalandersplatz

Über dem Kalandersplatz liegt der zweigeschossige "Asia Spa". Dieser Gebäudeteil ist als Fachwerkbrücke ausgebildet und überspannt den Kalandersplatz mit zwei Feldern.

Die Tragkonstruktion besteht aus zwei fassadenseitig angeordneten zweigeschossigen Stahlfachwerkträgern, dreifach gelagert auf dem Einkaufscenter, auf den Stützen der Sihlseite des Kalandersplatzes und auf dem Dach des Hotels.

Die Betondecken im Innern geben ihre Last den Fachwerkträgern ab. Durch die vorgegebenen Deckenstärken des Brückenbodens und der Zwischendecke wurde eine Abstützung zwischen den Fachwerkträgern notwendig. Diese sind als Zugstützen ausgebildet und geben die Lasten an die Brückendecke – eine Abfangdecke – ab.

6

Untersicht der Gebäudeauskragung

7

Schematische Darstellung der Zugstützen mit den angeschweißten Stahlpilzen

8

Zugstützen (Diagonalen)

9

Stahltreppen in der Mall

10

Fachwerkbrücke über Kalandersplatz

11

Grundriss mit eingezeichneten Auflager

12

Systemschnitt durch Fachwerkbrücke

13

Stahlkonstruktion im oberen Geschoss der Fachwerkbrücke

14

Anschlussdetail der Diagonalen mit der unteren Betondecke resp. Untergurt (einbetoniert)

10



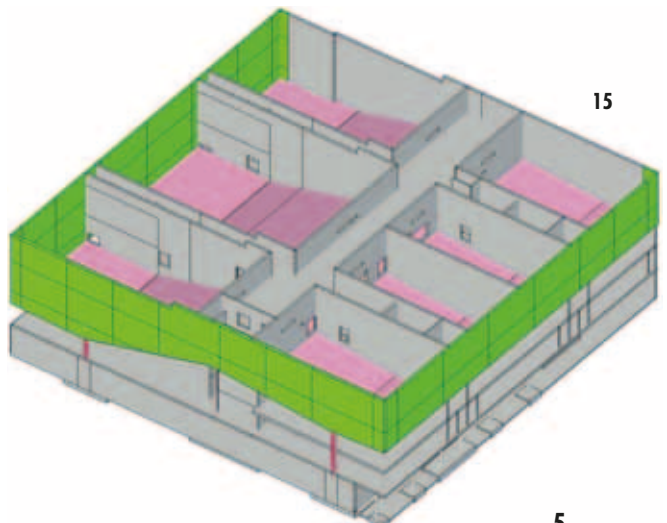
11



Kino mit Wandscheiben aus Beton

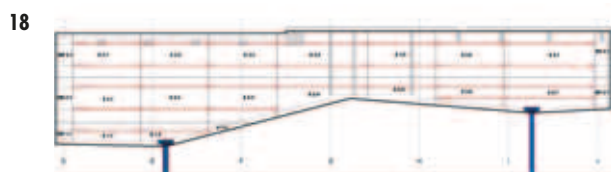
Das Angebot von Sihlcity beinhaltet unter anderem ein Multiplexkino mit 9 Sälen und 2200 Sitzplätzen. Allein schon die Tatsache, dass im Untergeschoss 21 Stützen, im Erdgeschoss 9, im 1. Obergeschoss 2 und im 2. und 3. Obergeschoss keine Stützen mehr vorhanden sind, zeigt, dass es sich hier nicht um ein konventionelles Tragsystem handelt. Dieses komplexe Tragsystem wurde mittels eines dreidimensionalen statischen Modells bemessen.

15





16 Das hauptsächliche Tragelement bei diesem Gebäude sind die als Wandscheiben ausgebildeten Saaltrennwände in Stahlbeton. Die höchsten Anforderungen an den Ingenieur stellte die Sichtbetonfassade. Auf Grund architektonischer Vorgaben war die Fassade zeitlich vor den Decken zu erstellen. Diese wurden dann zu einem späteren Zeitpunkt mit der Fassade kraftschlüssig verbunden. Das wiederum bedingte, dass die Fassade 3-seitig freistehend gebaut werden musste. Schalungsmaterial, Arbeitsvorgänge und die temporäre Spriessung hatten diesem Umstand Rechnung zu tragen.



- 15 3D Berechnung des ganzen Gebäudes inkl. der Sichtbetonfassade (grün)
- 16 Ansicht an die Sichtbetonfassade die zuerst erstellt wurde
- 17 Temporäre Spriessung der Sichtbetonfassade
- 18 Vorspannung (rot) der Südfassade
- 19 Grundriss der oberen Kinos, Sichtbetonfassade dreiseitig (grün)



17

Die Betonfassade ist 4-seitig monolithisch um das Gebäude verbunden (und weist eine Abmessung von ca. 60 x 60 m auf). Dreiseitig ist die Fassade sichtbar. Auf der einen Seite dient sie als Brandmauer zu einem bestehenden Gebäude. Die Fassaden sind an den innen liegenden Wänden aufgehängt, wobei die Südfassade ihrerseits auf zwei Stützen gelagert ist. Die 1900 m² Sichtfassade wurde in 60 Etappen mit maximaler Abmessung von 10 x 5 m realisiert. Rund 680 m horizontal verlegte Vorspannkabel in der Fassade ermöglichen eine nahezu rissfreie Konstruktion.

Wohn- und Geschäftshaus

Das Wohn- und Geschäftshaus Kalandersplatz 5 am westlichen Eingang von Sihlcity „schwebt“ auf Pylonen über dem öffentlichen, von Fussgängern rege frequentierten Platz. Die Abfangdecke über dem offenen Erdgeschoss ist so dimensioniert, dass die sechs darüber liegenden Geschosse aufgenommen werden können.



Die Decke weist eine Stärke von 1 m auf und ist kreuzweise vorgespannt. Die Koordination der Deckeneinlagen wie Lüftungsrohre, Sanitärleitungen und Lampenbüchsen im Zusammenhang mit den Vorspannkabeln war für alle beteiligte eine anspruchsvolle Aufgabe.

21



20

22



Je zwei konische Pylonen mit einem Durchmesser von 1 bis 1,85 m bilden zusammen mit den darüber liegenden Vouten der Decke ein Rahmentragwerk, welches zur Stabilisierung des Gebäudes genutzt wird. Wie alle übrigen Gebäude ist auch diese schwebende Konstruktion nach der neuen Erdbebennorm 2003 dimensioniert.

Eine weitere Herausforderung sowohl aus statischer als auch ausführungstechnischer Sicht waren die Sichtbetonfassaden im 5. und 6. Obergeschoss bei den Nottreppenhäusern, welche jeweils stirnseitig am Gebäude angeordnet sind. Für diese Wandscheiben war die Abstellbasis der Schalung im Erdgeschoss, rund 20 m über Boden. Die ca. 6 m hohen Wände umschliessen das bis zum 4. Obergeschoss offene Treppenhaus und haben über die Ecke gemessen eine Spannweite von 9 m.



24



Umnutzung Kalendergebäude

Das ehemalige Kalendergebäude welches 1959 fertig gestellt wurde, markiert den Kopfteil des Sihlcity-Areals. Die massive Bauweise des Gebäudes, mit Nutzlasten der Decken von 1200 kg/m^2 , erleichterte die statischen Eingriffe. Das zurückversetzte Dachgeschoss wurde abgebrochen. Das Kalendergebäude wurde um 3 Geschosse aufgestockt. Die Aufstockung erfolgte in einer Stahl-Verbund-Kons-

25





truktion. Für die neue Erschliessung (Treppenhaus, Lifte und Steigzonen) wurde das Gebäude südseitig auf nahezu die gesamte Länge um ca. 5 m in der Tiefe, bis OK Bodenplatte, abgebrochen.

Der Stützenraster der Aufstockung ist nicht identisch mit dem vorhandenen Stützenraster des Altbaus. Die bestehenden de Dachdecke musste deshalb verstärkt werden. Die bestehenden massiven H-förmigen Betonstützen (75 x 104 cm) konnten die zusätzlichen Lasten aufnehmen.

- 20 Geschäftshaus über dem öffentlichen Raum
- 21 Pylone mit Deckenvouten
- 22 Stirnseite des Geschäftshauses
- 23 Kalandergebäude mit Aufstockung
- 24 Abbruch auf ganze Gebäudelänge für neue Erschliessung
- 25 Aufgerauhte Betonoberfläche
- 26 Rolltreppen mit den statischen Verstärkungsmassnahmen

Die ganze Dachfläche wurde mittels Überbeton, teilweise projektbedingt bis um 20 cm verstärkt. Die Oberfläche wurde mittels Hochdruckwasserstrahlen aufgerauht, Schubanker wurden eingebohrt und eine neue obere Bewehrung verlegt.

Im Zusammenhang mit dem Mieterumbau mussten weitere Eingriffe getätigt werden. Der Einbau einer Rolltreppenanlage zur Erschliessung von 3 Geschossen war der markanteste nachträgliche Eingriff in die Tragstruktur des Gebäudes. Durch eine optimale Platzierung der Anlage konnten die statischen Verstärkungen minimiert und die Ausführung innert sehr kurzer Zeit realisiert werden.

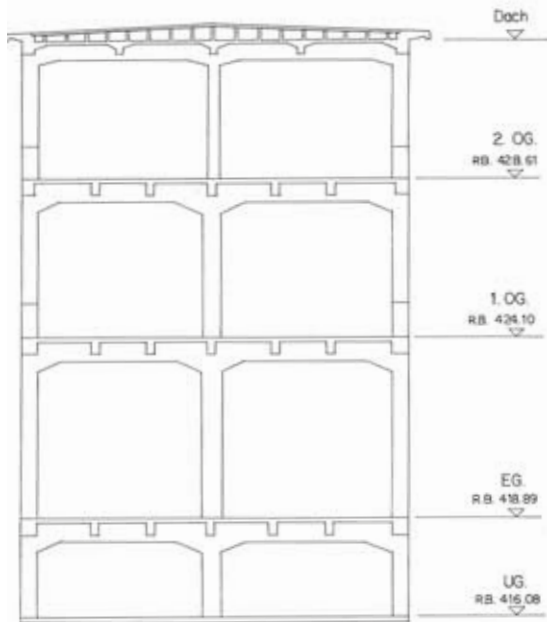
29



Instandsetzung der bestehenden Bauwerke

Ein Teil der bestehenden Industriegebäude der ehemaligen Zürcher Papierfabrik an der Sihl wurde mit in die Anlage von „Sihlcity“ integriert. Für die Umnutzungsplanung wurde in einem ersten Schritt der Zustand von Lagergebäude, Kalandergebäude und Ausrüstgebäude sowie des Wahrzeichens von „Sihlcity“ – der Backsteinkamin – erhoben und die daraus notwendigen Instandsetzungs- und Verstärkungsmassnahmen geplant. Nachfolgend wird die Zustandsuntersuchung und die Instandsetzung am ehemaligen Ausrüstgebäude vorgestellt, welche denkmalpflegerischen Auflagen unterliegen.

27

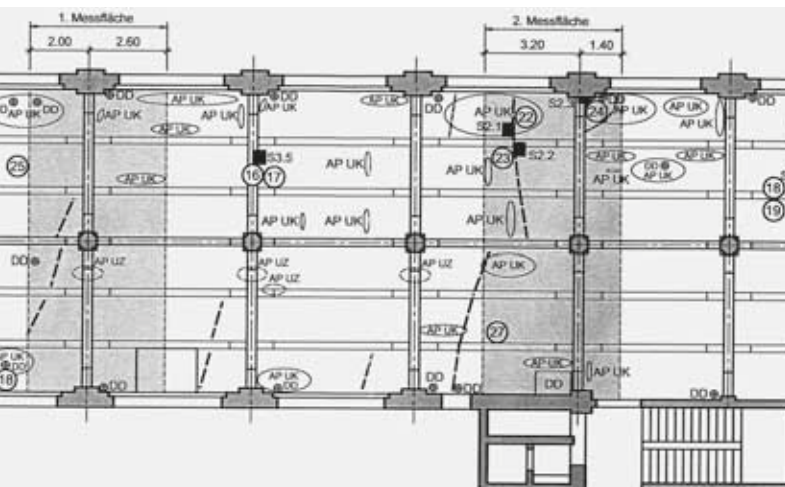


30



Ehemaliges Ausrüstgebäude (neu Kulturhaus)

Das Gebäude Delta weist ein Untergeschoss, ein Erdgeschoss und zwei Obergeschosse auf. Die Etagendecken sowie die Dachplatte bestehen aus je einer dünnen Deckenplatte, welche mit Haupt- und Querträgern (Trägerrost) als Deckenelemente auf den Mittelstützen des Gebäudes und auf den Aussenwänden liegen.



28

Die Spannweiten der Hauptträger, welche quer zur Gebäudelängsachse verlaufen, betragen 5.40 m. Der Stützenabstand in der Gebäudelängsachse beträgt 5.60 m. Die Deckenspiegel weisen eine Stärke von ca. 12 cm auf. Basierend aus den Resultaten der visuellen Untersuchungen wurden an ausgewählten Stellen Betonüberdeckung, Karbonatisierung, Potentialmessung, Sondagen und chemische Analysen durchgeführt.

27

Querschnitt Ausrüstgebäude

28

Decke über dem Erdgeschoss Ausschnitt aus den Zustandsaufnahmen

29

Deckenoberfläche 1. Obergeschoss

30

Detail der Armierung mit Lochfrasskorrosion

31

Potential-Messwerte mit Aufnahmeraster

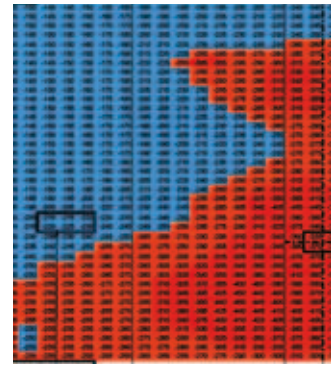
32

Freigelegte Armierung mit stellenweise verlegten Armierungszulagen

10

Zustandsuntersuchung

Die Potentialmessungen, eine zerstörungsfreie Messmethode zur Ermittlung von Korrosionszuständen an der Armierung zeigten, dass zwischen der Untergeschossdecke und den Obergeschossdecken ein wesentlicher Unterschied von $U = \text{ca. } 300 \text{ mV}$ besteht. Obwohl die Deckenkonstruktionen ähnlich sind, liess sich dieser Unterschied nicht allein durch die Betonfeuchtigkeit erklären. Während im Erdgeschoss ein Hartbeton als Überzug eingebaut wurde, waren in den Obergeschossen Holzzementböden als Überzug vorhanden. Dieser massive Unterschied war durch ablaufende Korrosionsvorgänge und durch Chlorideinflüsse begründet. Während die Decke über dem Untergeschoss lokale und unbedeutende Korrosionsschäden zeigte, wiesen die Decken in den Obergeschossen anhand der angeordneten Sondagen massive Korrosionsschäden in Form von Lochfrasskorrosion mit Querschnittsverlusten der Armierung bis zu 50% auf. Die gemessenen hohen Chloridkonzentrationen auf Armierungsniveau betragen stellenweise auch in 5-6 cm Tiefe über 6 M% Cl-/Z.



34

Die Ist-Zustände der Decken über dem Erd- und Obergeschoss genügten den gestellten Nutzungsanforderungen bei weitem nicht mehr. Die massiven Schäden an der Armierung und das hohe eingelagerte Salzdepot zeigten, dass die vorgesehenen Auf- und Nutzlasten ohne Instandsetzungs- und Verstärkungsmassnahmen nicht aufgebracht werden konnten.

Instandsetzungskonzept

Die Voraussetzungen der dünnen Deckenplatten für umfangreiche Instandsetzungs- und Verstärkungsmassnahmen waren infolge der stark unterschiedlich vorhandenen Armierungsüberdeckungen, heterogenem Beton und Chloridkonzentrationen schlecht. Nebst einem Ersatz der Deckenspiegel wurde unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Aspekte eine Instandsetzung mit hydrodynamischem Betonabtrag bis zu 6 cm bzw. der Hälfte des Betonquerschnitts, die Bearbeitung korrodierender Armierungen und der anschliessende Auftrag eines armierten

Überbetons geprüft. Der durchgeführte Feldversuch zeigte, dass dank eines speziellen Arbeitsvorgehens nur geringe Mengen Chloride an die Deckenunterseite gelangten. Aufgrund dieser Erkenntnisse wurde diese Lösung dann realisiert.

Um eine möglichst geringe Deckenoberfläche zu bearbei-

32



ten, wurde die Potentialmessung an der gesamten Deckenoberfläche ausgeführt. Die Messwerte wurden mit Sondagen und Bohrkernentnahmen unter Berücksichtigung des Korrosionszustandes, der Armierungsüberdeckung und der Chloridkonzentrationen kalibriert. Der Aufnahmeraster wurde als Plan für den Betonabtrag verwendet. In der Realisierungsphase hat sich die enge technische Begleitung der Vorbereitungs- und Bauarbeiten sehr positiv auf die geforderte Qualität ausgewirkt.



33

Ausragender Gebäudeteil (Rucksack) des Einkaufszentrums

34

Rolltreppen in der Mall

33

Am Bau Beteiligte:

Investoren:
Miteigentümergemeinschaft Sihlcity
Credit Suisse Asset Management und
Swiss Prime Site AG

Totalunternehmer:

Karl Steiner AG, Total Services Contractor

Architekten:

Theo Hotz AG
Kuhn Fischer Partner Architekten AG
Vehovar & Jauslin Architekten AG

Bauingenieure:

Henauer Gugler AG (Federführung der IG)
Basler & Hofmann AG
Pöyry Infra AG

Haustechnik

Aicher, De Martin, Zweng AG, GRP Ingenieure
PZM AG, Lüem+Partner AG, KIWI AG

Baunternehmungen:

Jäggi + Hafter AG, Spleiss AG,
Specogna AG, Feldmann AG,
Christen AG

Terminplan

Baubeginn	30. Juni 2003
Rückbau/Baugrube	Okt. 2003 – Juni 2004
Rohbau/Baumeister	Mai 2004 – Mai 2006
Fassaden u. Dächer	ab Herbst 2005
Innenausbau	ab Frühling 2006
Eröffnung Sihlcity	22. März 2007

Eckdaten

Grundfläche	41'991 m2
Nettomiefläche	100'000 m2
Umbautes Volumen	792'000 m3

Nutzung:

Verkaufsfläche	41'000 m2
Dienstleistungsfläche	24'000 m2
Kultur, Kino, Gastronomie	15'000 m2
Diverses wie Hotel, Wellness, Wohnungen, Lager	20'000 m2

Ausmasse Rohbau

Beton	99'400 m3
Vorfabrizierte Stützen	1'630 Stk.
Schalung	295'000 m2
Bewehrung	10'600 to
Vorspannung	18'000 m
Stahlkonstruktion	1'060 to

*** Verfasser:**

René Schütz, Henauer Gugler AG, Federführung der IG
Philipp Hubler, Henauer Gugler AG, Projektleitung für Neu- und Umbauten
Urs Järmann, Henauer Gugler AG, Projektleitung für Zustanduntersuchung und Instandsetzung

Henauer Gugler AG
Ingenieure und Planer

Kurvenstrasse 35
Postfach, 8021 Zürich
Telefon 044-360 58 58
Telefax 044-360 58 60

Helvetiastrasse 17
Postfach, 3000 Bern 6
Telefon 031-350 85 00
Telefax 031-350 85 10

Schützenstrasse 2
Postfach, 6000 Luzern 7
Telefon 041-249 24 24
Telefax 041-249 24 30

Grienbachstrasse 11
6300 Zug
Telefon 041-748 70 40
Telefax 041-748 70 50

www.hegu.ch

