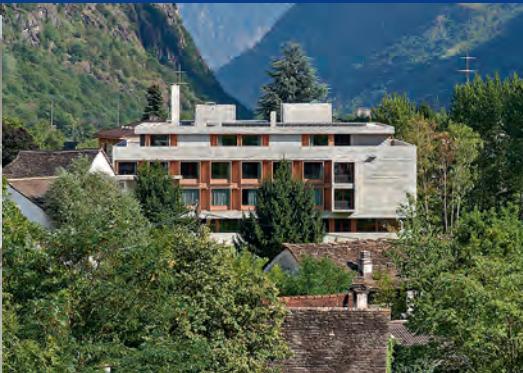


# Hochbau

# Bâtiment

# Buildings



# Das Spannbetontragwerk des Stade de la Tuilière, Lausanne

## The prestressed concrete structure of Stade de la Tuilière in Lausanne

Andrea Bassetti, Matthias Kunze



Fig. 1

Luftaufnahme des Stadions.

Aerial view of the stadium.

(© Isabel Gutzwiler, Stahlbauzentrum Schweiz SZS)

### Einleitung

Der Entwurf des neuen Stadions «Stade de la Tuilière» geht auf einen internationalen Wettbewerb zurück. Seine markante Grundform entstand bereits während der Wettbewerbsphase in interdisziplinärer Zusammenarbeit im Entwurfsteam.

Das neue Stade de la Tuilière bietet Platz für 12 000 Zuschauer. Der kompakte Stadionentwurf mit den vier aufgefalteten Ecken als unverwechselbare Erkennungszeichen zielt auf Klarheit und Einfachheit ab. Eine schalenartige Tribünenstruktur in Massivbauweise und eine leichte Dachkonstruktion bilden die wesentlichen Bestandteile des Stadiontragwerks (Fig. 1). Mit dem «Aufklappen» der vier Stadionecken wird auf die engen Verhältnisse des Bauperimeters ideal reagiert. Die freigespielten Ecken erlauben einen grosszügigen und freien Besucherfluss rund um das Stadion im Erdgeschoss und markieren zusätzlich die vier Eingangsbereiche (Fig. 2).

Das leichte Stahltragwerk des Dachs «krönt» den unteren Beton-

### Introduction

The design of the new "Stade de la Tuilière" stadium was developed for an international design competition. The distinctive shape of this stadium emerged from within an interdisciplinary design team.

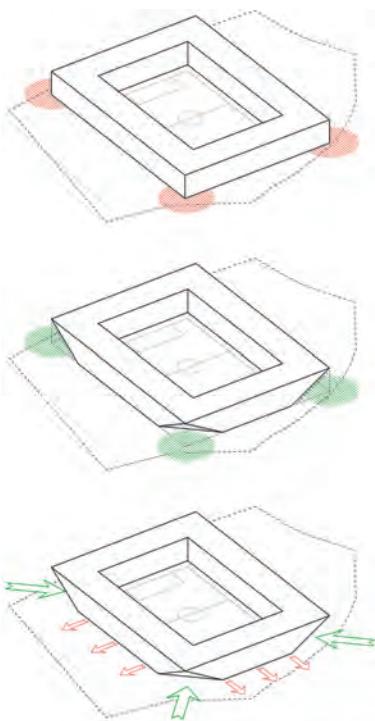
The Stade de la Tuilière stadium accommodates 12,000 spectators. The compact design of the structure with the four folded-up corners as its distinctive characteristic is aimed to transmit simplicity and clarity. The shell-like reinforced-concrete structure of the stands and the light roof construction are the fundamental components of the stadium's structural system (Fig. 1). By "folding up" the corners, the limited building plot area available was utilised optimally. The elevated corners allow generous and free spectator flow around the stadium and also mark the location of the four entrance areas (Fig. 2).

The light steel roof structure sits like a crown on the concrete structure and covers the entire stand area and the lower walkways. The clear geometry of the

sockel gestalterisch und überdeckt die gesamte Fläche der Tribünen sowie des unteren Umlaufgangs. Die klare Geometrie der am oberen Ende der Fassaden angeordneten Randträger definiert eine augenfällige horizontale Linie, die eine formale Verbindung zwischen den Fassaden der vier verschiedenen Tribünen bildet und dem Bauwerk eine Einheit verleiht (Fig. 3).

### Die räumliche Tragwirkung des vorgespannten «Zugrings»

Die Tragstruktur ist ein integraler Bestandteil der Architektur des Stade de la Tuilière. Der Anspruch, ein radikal auf das Notwendige reduziertes Tragwerk zu entwickeln, führte zum Entwurf einer schalenartigen Stahlbetonkonstruktion. Die Besonderheit der Stadiongeometrie äussert sich in der «Auffaltung» der vier Ecken. Ein vorgespannter horizontaler Zugring, der den gesamten Umfang des Stadions umschliesst, gewährleistet das Kräftegleichgewicht der überhängenden Eckscheiben. Er ist in den Querschnit-



**Fig. 2**  
Prinzipschemata Volumen und Zugänge.  
Schematic of the building volume and access points.

ten des oberen Laufgangs der Seitentribünen sowie der Deckenplatte des 1. Geschosses der Haupttribüne angeordnet. Dieser rechteckige «Ring» aus Vorspannkabeln verbindet und stabilisiert die vier geneigten Ortbeton-Eckscheiben in horizontaler Richtung (Fig. 4).

Das Kreuzen von vier Vorspannkabeln in jeder Ecke erzeugt eine horizontale Kraft in der vertikalen Symmetrieebene der geneigten Eckscheiben, wodurch diese mit minimalem Aufwand und ohne zusätzliche tragende Elemente gehalten werden.

### Konstruktive Lösungen

Die dreieckförmigen Ortbetonscheiben an den Ecken des Stadions haben eine Gesamthöhe von 12,35 m und eine Neigung von 38°. Die Querschnittsdicke verjüngt sich von 90 cm am Scheibenfuß auf 28 cm am Kopf. Sie wurden mit einer speziellen C30/37-Betonrezeptur hergestellt, die eine Ausführung ohne Konterschalung in sechs Betonierphasen ermöglichte. In die Querschnitte der geneigten Eckscheiben wurden Stahleinbauteile implementiert. Diese dienen einerseits der Verankerung der Spannkabel des Zugrings, andererseits ge-

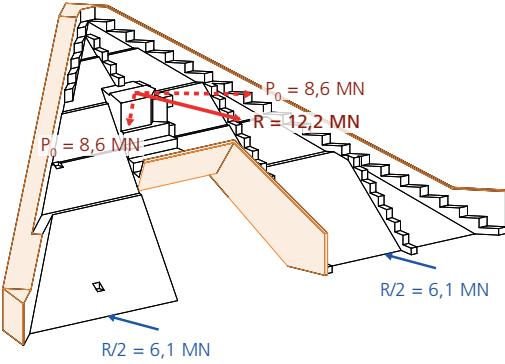
edge beams located at the top of the facades defines a prominent horizontal line, creating a formal connection between the facades of the four stands and visually unifying the building (Fig. 3).

### The spatial structural action of the prestressed tension ring

The structural system is an integral part of the architecture of Stade de la Tuilière. The desire to develop a structural system radically reduced to the essential elements led to the design of a shell-type reinforced concrete structure. The folded-up corners emphasise the distinctive character of the structure. A prestressed horizontal tension ring which runs around the entire perimeter of the stadium ensures the force equilibrium of the cantilevering corner plates. It runs inside the upper walkway of the side stands and through the floor slab of the first storey of the main stand. The rectangular ring of prestressed cables connects and horizontally stabilises the four inclined in-situ concrete corner plates (Fig. 4). The crossing of four prestressed cables in each corner induces a horizontal force in the vertical symmetry plane of the inclined



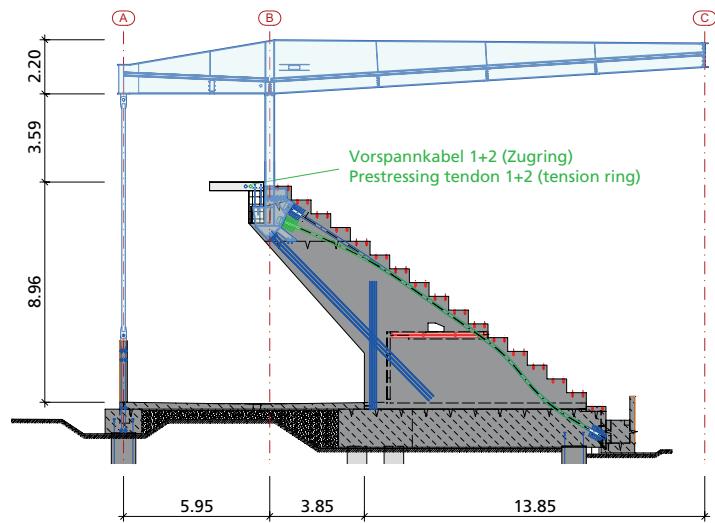
**Fig. 3**  
Aussenansicht des Stadions.  
Exterior view of the stadium.  
(© Ariel Huber)



**Fig. 4**

Geneigte Ortbetonscheibe an der Ecke des Stadions (Axonometrie).

Inclined in-situ concrete plate at the corner of the stadium (axonometry).



**Fig. 5**

Binder auf den Seitentribünen (B, C und D) auf vertikaler Ortbetonwandscheibe (Ansicht).

Steel girder on the side stands (B, C and D) mounted on the vertical in-situ concrete wall (lateral view).

währleisten sie die Durchstanzsicherheit der Ortbetonscheiben. Die Haupttragelemente der Seitentribünen bilden vorgespannte vertikale Betonscheiben mit Querschnittsdicken von 60 cm (Fig. 5). Mit einer Auskragung von ca. 4,7 m erstrecken sich diese freitragenden Wandscheiben über den Stadionumlauf im Erdgeschoss. Die Achsabstände der Wände betragen 20,22 m im Bereich der Tribünen B und D bzw. 19,05 m bei der Tribüne C. An ihren Enden erfolgt die konzentrierte Einleitung von Vertikallasten von bis zu 7,0 MN ( $Q_d$ ). Diese Lasten resultieren aus den Auflagerkräften der Stahlstützen des Dachs sowie der vorgefertigten Hauptlängsträger am Tribünenkopf (Fig. 5). Die erforderliche Biegesteifigkeit jeder Betonwandscheibe wird durch zwei Spannkabel ( $P_{0,tot} = 10,9$  MN), die entlang der Scheibenoberkante verlaufen, und eine passive Druckbewehrung aus hochfestem Betonstahl (B700 B) an der Rückseite der Scheibe gewährleistet. Am Scheibenkopf ist jeweils ein Stahleinbauteil in den Betonquerschnitt eingelegt (Fig. 7). Dieses dient einerseits als Auflagerpunkt der Dachstützen, anderseits als

corners, whereby these plates are supported with minimal effort and without requiring any additional structural elements.

### Structural solutions

The triangular in-situ concrete plates located at the corners of the stadium are 12.35 m high and have an inclination of 38°. The plate thickness decreases from 90 cm at the foundation to 28 cm at the top. The plates were fabricated from a special concrete C30/37 mixture which dispensed with the need for double-sided formwork during the construction in six concreting phases. Steel inserts were included in the cross sections of the inclined corner plates. They serve to anchor the prestressed cables of the tension ring and ensure adequate punching-shear capacity of the in-situ concrete plates.

The main structural elements of the side stands are prestressed vertical concrete walls with cross-section widths of 60 cm (Fig. 5). These cantilevering walls extend approximately 4.7 m over the walkway on the ground floor that runs around the entire stadium. The centre distance between the

feste Endverankerung der beiden Spannkabel.

### Montage und Vorspannung

Um eine grösstmögliche Wirtschaftlichkeit und einen optimierten Baufortschritt zu erzielen, nahm die Vorfabrikation von Bauelementen einen hohen Stellenwert in der Tragwerksplanung ein. Mit Ausnahme der Fundamente, der vertikalen Wand- und geneigten Eckscheiben besteht das Tragwerk der Seitentribünen vollständig aus vorgefertigten Stahlbeton- und Spannbetonelementen.

#### Bauherrschaft/Owner

Direction des sports et de la cohésion sociale, Ville de Lausanne

#### Architektur/Architecture

:mlzd und Sollberger Bögli

Architekten, Biel

#### Tragwerks- und Fassadenplanung/ Structural engineering and facade structure

Dr. Lüchinger+Meyer

Bauingenieure AG, Zürich/Lausanne

#### Bauunternehmen/Contractors

Dentan Frères SA, Lausanne (Bau-

meister/building contractor); Element

AG, Tafers (Elementbau/precast ele-

ments); Sottas SA, Bulle (Stahlbau/steel construction)

#### Fertigstellung/Completion

Herbst/Autumn 2020



**Fig. 6**

Blick auf die Haupttribüne A vom Inneren des Stadions aus.

**View from the pitch onto main stand A.**

(© Ariel Huber)

walls is 20.22 m in the region of stands B and D and 19.05 m in the region of stand C, respectively. At the top end of the walls, vertical loads of up to 7.0 MN ( $Q_d$ ) are introduced. These loads are the sum of the support forces of the steel columns of the roof and of the prefabricated principal longitudinal concrete girders located at the top of the stands (Fig. 5). Two prestressing tendons ( $P_{0,tot} = 10.9$  MN) running along the upper edge of each concrete wall and passive compression high-strength (B700 B) reinforcement bars at the back of the wall ensure the required bending stiffness. A steel insert inside the top of the wall (Fig. 7) serves as the load introduction point for the roof columns and as the fixed end anchorage for the two post tensioning tendons.

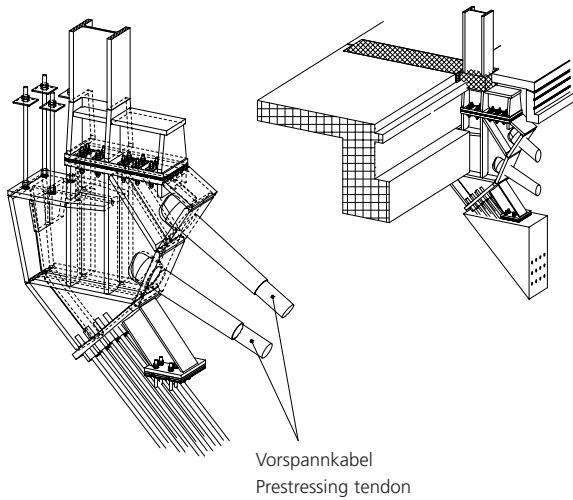
### Assembly and prestressing

In order to be cost- and time-effective, the design of the structural system relied heavily on prefabricated elements. The entire structural system of the side stands except for the foundation, the vertical wall and inclined corner plates consists of prefabricat-

Die Tribünenstufen sind als Spannbetonfertigteile mit einer Länge von ca. 20,22 m und einer Dicke von 15 cm ausgeführt. Die horizontalen Stufenelemente sind als Durchlaufträger auf vier Abstützungen mit regelmässigen Spannweiten von 6,74 m (Tribünen B und D) bzw. 6,35 m (Tribüne C) konzipiert. Zwei vorfabrizierte Sägezahnträger (PS) bilden deren Mittelstützungen, die vertikalen Wandscheiben die Endauflager (Fig. 8). Für die regelmässig angeordneten Sägezahnträger (PS) kamen ebenfalls Spannbetonelemente zum Einsatz. Als Einfeldträger ausgeführt, lagern sie am Tribünenfuss auf den Fundamenten und am oberen Ende auf den Hauptlängsträgern (PL) auf. Diesen vorgefertigten Spannbetonbalken (PL) fallen in der Gesamttragstruktur des Stadions mehrere Funktionen zu: Sie bilden erstens die Verkehrsebene des Tribünenlaufgangs, gewährleisten zweitens die Weiterleitung der vertikalen Auflagerlasten aus den Sägezahnträgern (PS) und nehmen drittens den vorgespannten horizontalen Zugring des Stadions in ihrem Querschnitt auf. Als Durchlaufträger mit

ed reinforced and prestressed concrete elements.

The steps of the stands consist of 20.22 m long and 15 cm thick prefabricated prestressed concrete elements. The horizontal step elements are designed as continuous beams supported on four supports, with constant span lengths of 6.74 m (stands B and D) and 6.35 m (stand C), respectively. Two prefabricated stepped beams (PS) serve as the intermediate supports and the vertical walls as the end supports (Fig. 8). The regularly spaced stepped beams also consist of prestressed concrete. They are designed as single-span beams supported by the foundation at the bottom and on the principal longitudinal girders (PL) at the top. These prefabricated post-tensioned girders (PL) fulfil several functions in the structural system of the stadium: they (i) form the upper walkway of the stands, (ii) ensure the transfer of the vertical support loads from the stepped beams and (iii) contain the post-tensioned horizontal tension ring of the stadium. They are designed as continuous beams with maximum span lengths of 20.22 m and are sup-



**Fig. 7**  
Stahleinbauteil der vertikalen Ortbetonscheiben.  
Steel insert for the vertical in-situ concrete walls.

#### Literatur/Literature

- [1] Bassetti A., Kunze M. (2021), Gefaltet und vorgespannt – Das Tragwerk des Stade de la Tuilière in Lausanne, Beton- und Stahlbetonbau 116, H. 5, S. 387-395. <https://doi.org/10.1002/best.202100020>.
- [2] Bassetti A., Furrer R., Kunze M. (2021), Leicht und subtil zusammengefügt – Das Dachtragwerk des Stade de la Tuilière in Lausanne, Stahlbau 90, H. 12, S. 857-866. <https://doi.org/10.1002/best.202100095>.

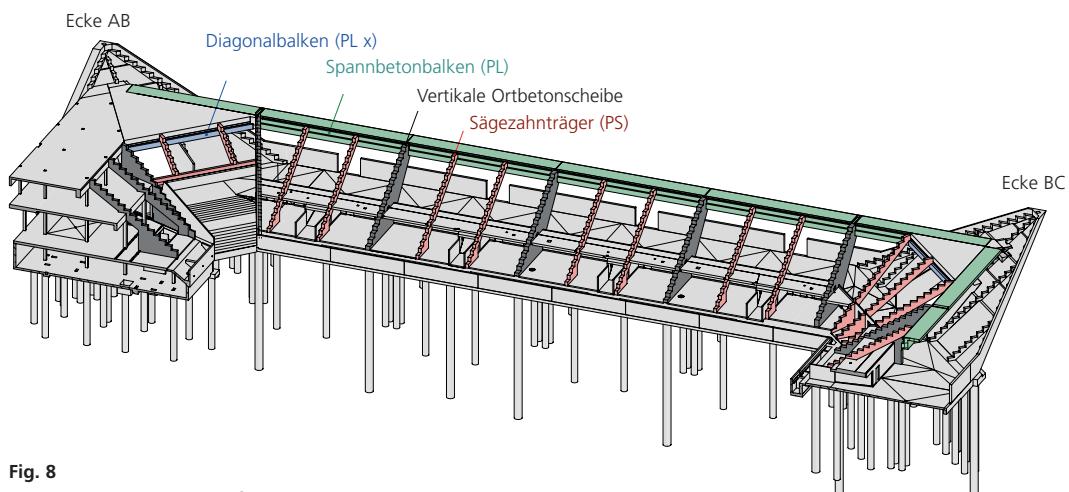
maximalen Spannweiten von 20,22 m sind sie am oberen Ende der vertikalen Ortbetonwandscheiben aufgelagert (Fig. 8). Um das Eigengewicht der Konstruktion zu begrenzen und die Montage zu erleichtern, wurden alle Fertigteile mit hochfestem Spannbeton C50/60 hergestellt. Die Tribünenstufenelemente wurden werkseitig im Spannbett mit je 12 Litzen ( $P_{0,tot} = 2,34 \text{ MN}$ ) vorgespannt. Die Sägezahnträger (PS) wurden ebenfalls im Werk mit 6 Litzen ( $P_{0,tot} = 1,17 \text{ MN}$ ) im Spannbett vorgespannt, die asym-

ported by the top edge of the vertical in-situ concrete walls (Fig. 8).

To keep the self-weight of the construction low and to facilitate assembly, all prefabricated elements were manufactured from high-strength concrete C50/60. The step elements of the stands were pre-tensioned in the prefabrication plant with twelve strands ( $P_{0,tot} = 2.34 \text{ MN}$ ). The stepped beams were also pre-tensioned in the prefabrication plant with six strands ( $P_{0,tot} = 1.17 \text{ MN}$ ) distributed asymmetrically at the

metrisch zum oberen Rand des Querschnitts angeordnet sind. Das Aufbringen der Vorspannung der Hauptlängsträger (PL) erfolgte während der Aktivierung des integrierten Zugrings ( $P_{0,tot} = 8,6 \text{ MN}$ ) vor Ort.

Die Aktivierung des horizontalen Spannrings erfolgte während der vierten Betonierphase der geneigten Eckscheiben. Zu diesem Zeitpunkt waren sämtliche Hauptlängsträger (PL) der Tribünen montiert und die Realisierung der Haupttribüne hatte das Deckenniveau 1. OG erreicht. Erst nach



**Fig. 8**  
Tragstruktur mit vorgefertigten Spannbetonelementen.  
Structural system with prefabricated prestressed concrete elements.



Fig. 9

Aussenfassade der Haupttribüne A.

Exterior facade of main stand A.

(© Ariel Huber)

top edge of the cross section. The principal longitudinal girder was post-tensioned on site during the activation of the integrated tension ring ( $P_{0,tot} = 8.6 \text{ MN}$ ).

The horizontal tension ring was activated during the fourth concreting stage of the inclined corner plates. At this point, all the principal longitudinal girders of the stands had been erected, and the main stands had been constructed to the level of the ceiling of the first storey. The upper part of the inclined corner plates was to be cast only after post-tensioning had been concluded. All prefabricated elements of the structural system were installed with the help of mobile cranes. Each of the 20.22 m long principal longitudinal girders weighed approximately 90 t and was lifted onto the vertical walls using a single 650 t crawler crane.

## Conclusion

The highly recognisable Tuilière stadium in Lausanne presents a perfect unity of architecture and structural system. The visible structural elements also fulfil architectural functions. By collaborating closely, the structural engineers and architects consistently translated the original design into the completed structure.

dem endgültigen Vorspannen konnte der obere Teil der geneigten Eckscheiben betoniert werden. Die Montage aller vorgefertigten Elemente der Tragstruktur erfolgte mithilfe von Mobilkränen. Die Hauptlängsträger (PL) mit einer Länge von 20,22 m und einem Gewicht von ca. 90 t wurden mit einem einzigen 650 t schweren Raupenkran auf die vertikalen Wandscheiben gehoben.

## Fazit

Das neue Stadion de la Tuilière in Lausanne präsentiert sich als eine vollkommene Einheit aus Architektur und Tragstruktur mit hohem Wiedererkennungswert. Die sichtbar belassenen Tragelemente übernehmen zugleich architektonische Funktionen. In enger interdisziplinärer Zusammenarbeit gelang es den Bauingenieuren und Architekten, die originelle Entwurfsgrundidee konsequent bis in die Ausführung weiterzuführen. Der Rückgriff auf die bewährten Prinzipien des Spannbetons ermöglichte es, eine sehr funktionale Tragstruktur und eine besondere räumliche Wirkung zu erzielen.

Relying on the proven principles of prestressed concrete allowed the engineers to attain a functional structural system and a distinctive spatial effect.

### Autoren/Authors

Andrea Bassetti  
Dr. sc. techn., Dipl. Bauing. ETH SIA  
aba@luechingermeyer.ch

Matthias Kunze  
Dipl. Bauing. TU  
mku@luechingermeyer.ch

Dr. Lüchinger+Meyer  
Bauingenieure AG  
CH-8005 Zürich

# Erweiterung Kunsthause Zürich, Unterquerung Heimplatz und Anbindung an Bestand

## Extension of the Kunsthause Zurich, undercrossing Heimplatz and connection to existing building

Bruno Patt

### Einleitung

Mit der Erweiterung ist das Kunsthause Zürich nun das grösste Kunstmuseum der Schweiz und umfasst vier Gebäude aus verschiedenen Epochen – den Moser-Bau (1910), den Pfister-Bau (1958), den Müller-Bau (1976) und neu den Chipperfield-Erweiterungsbau (2021).

Dessen Gebäudeform lehnt sich an die alte Kantonsschule von 1842 im Norden des Areals an, die mit ihrer architektonischen Klarheit den städtebaulichen Rahmen definiert. Im Süden wird die Erweiterung vom Heimplatz und im Norden vom als durchlässig gestalteten Naturraum des Gartens der Kunst gefasst. Die weitläufige Eingangshalle, die sich über die gesamte Gebäudetiefe und -höhe des Erweiterungsbaus erstreckt, schafft eine Verbindung zwischen diesen beiden unterschiedlich hoch

### Introduction

With the extension, the Kunsthause Zürich is now the largest art museum in Switzerland and comprises four buildings from different eras – the Moser Building (1910), the Pfister Building (1958), the Müller Building (1976) and now the Chipperfield extension (2021).

The shape of the building is based on the old cantonal school from 1842 in the north of the site, which defines the urban framework with its architectural clarity. The extension is bordered to the south by Heimplatz and to the north by the natural space of the Garden of Art, which is designed as a permeable space. The spacious entrance hall, which extends over the entire depth and height of the extension, creates a connection between these two spaces

gelegenen Räumen. Eine unter dem Platz verlaufende Besucherpassage verbindet das neue mit dem bestehenden Kunsthause zu einer institutionellen Einheit. In seiner äusseren Form lehnt sich die Erweiterung an die traditionelle Natursteinfassade des bestehenden Kunsthause an.

Alle öffentlichen Funktionen wie Café/Bar, Veranstaltungssaal, Museumshop und Museumspädagogik sind um die zentrale Eingangshalle im Erdgeschoss angeordnet, während die beiden Obergeschosse ausschliesslich der Ausstellung von Kunst vorbehalten sind. Die variabel dimensionierten Ausstellungsräume zeichnen sich durch eine ruhige Materialität und Tageslicht aus – Seitenlicht im ersten und Oberlichtöffnungen im zweiten Obergeschoss – und stellen die unmittelbare Er-



Fig. 1  
Erweiterung.  
Extension.  
(© Beat Bühler)



**Fig. 2**

Halle, 25 m hohe Sichtbetonwände, betoniert in 6-m-Etappen, mit Kletterschalung.  
Hall, 25 m high exposed concrete walls, concreted in stages of 6 m, with climbing formwork.

(© Beat Bühlert)

at different heights. A visitor passage running under the square connects the new and the existing Kunsthause into an institutional unit. The exterior of the extension is based on the traditional natural stone façade of the existing Kunsthause.

All public functions such as café/bar, event hall, museum shop and museum education are arranged around the central entrance hall on the ground floor, while the two upper floors are reserved exclusively for the exhibition of art. The variably dimensioned exhibition rooms are characterised by a calm materiality and daylight – side light on the first floor and skylight openings on the second floor – and place the direct perception of art at the centre of the visitor's experience.

## Structure

### Extension

The extension building was constructed predominantly in in-situ concrete. It is a spatial structure with large slab spans. The transfer of the effects from dead, uplift, live and snow loads is mainly carried out by walls, in the basements and in the window areas of the outer walls by columns. Since some of the load-bearing walls do not stand on top of each other,

fahrung der Kunst in den Mittelpunkt des Besuchererlebnisses.

### Tragwerk

#### Erweiterung

Der Erweiterungsbau wurde überwiegend in Ortbeton erstellt. Es handelt sich dabei um ein räumliches Tragwerk mit grossen Deckenspannweiten. Der Abtrag der Einwirkungen aus Eigen-, Auf-, Nutz- und Schneelasten erfolgt zum überwiegenden Teil durch Wände, in den Untergeschosse und in den Fensterbereichen der Außenwände durch Stützen. Da einige der tragenden Wände nicht übereinander stehen, wurden viele dieser scheiben- bzw. trägerartig ausgebildet. Die vielfach vorgespannten Decken sind als Flach- aber auch als Unter- und Überzugsdecken konzipiert. Die Überbrückung des Festsaals besteht aus einer Kombination eines Wandscheibenrost- und Deckenrostsystems. Bei den Lichtdecken des obersten Ausstellungsgeschosses besteht die Tragkonstruktion aus räumlichen Stahlfachwerkträgern, über der Halle sind es Betonträger.

Der Abtrag der Einwirkungen aus Wind- und Erdbebenlasten erfolgt aufgrund der verschiedenen Wandsteifigkeiten nicht nur klassisch über die Kerne der Vertikal-

many of these were constructed in a panel or beam-like manner. The multiple post-tensioned slabs are designed as flat slabs, but also as main beam slabs. The bridging of the ballroom consists of a combination of a wall panel grid and slab grid system. In the case of the illuminated ceilings of the uppermost exhibition floor, the supporting structure consists of spatial steel lattice girders, above the hall they are concrete girders. Due to the different wall thicknesses, the transfer of wind and earthquake loads is not only carried out classically via the cores of the vertical closures, but all walls and wall plates were taken into account using a static 3D model. The building has two basements in the eastern area and one in the western area. The foundation in the two-storey section was laid flat on a 1 m thick base plate in the moraine, which has good load-bearing capacity and is not very sensitive to settlement. In the single-storey part, area soil improvement measures were necessary due to the alluvial sediments still present at this depth.

The extension was carried out under the protection of a vertical excavation pit on all sides. This was a multiple tie-back, open bored pile wall with shotcrete



**Fig. 3**  
Halle, komplett in Sichtbeton.  
**Hall, completely in exposed concrete.**  
(© Beat Bühler)



**Fig. 4**  
Festsaal, Deckenrost in Sichtbeton.  
**Banqueting hall, ceiling grid in exposed concrete.**  
(© Beat Bühler)

erschliessungen, sondern es wurden anhand eines statischen 3D-Modells sämtliche Wände und Wandscheiben berücksichtigt. Das Gebäude weist im östlichen Bereich zwei und im westlichen Bereich ein Untergeschoss auf. Die Gründung im zweigeschossigen Teil in die in dieser Tiefe anstehende, gut tragfähige und wenig setzungsempfindliche Moräne erfolgt flach über eine 1 m starke Bodenplatte. Im eingeschossigen Teil waren aufgrund der in dieser Tiefe noch vorhandenen Schwemmsedimente flächige Bodenverbesserungsmassnahmen erforderlich.

Die Erweiterung erfolgte im Schutze eines allseitig vertikalen Baugrubenabschlusses. Es handelte sich dabei um eine mehrfach rückverankerte, offene Bohrpfahlwand mit Spritzbetonaufschüttung. Wegen der umliegenden Bauten, der Tramgleise und der vielfach verlegten Werkleitungen wurde die Baugrube räumlich modelliert. Dabei musste jeder Anker entsprechend gesetzt werden.

#### **Unterquerung Heimplatz**

Der Heimplatz ist ein wichtiger Verkehrsknotenpunkt, der jederzeit funktionieren musste. Wegen der geringen Tiefenlage des Unterquerungsbauwerks liess es sich nicht im Untertagebau ausführen. Nach einer über einjährigen Koordination und Planung der tem-

porären Verkehrsführung unter Einbezug aller betroffenen, städtischen Werke kristallisierte sich die Lösung heraus, das Bauwerk in vier Hauptetappen zu erstellen. Das im Tagbau realisierte Unterquerungsbauwerk besteht aus einem allseitig geschlossenen Rahmen, bei dem die Wände biegesteif an die Bodenplatte und die Decke angeschlossen sind. Die Erstellung des vertikalen Baugrubenabschlusses erfolgte in vier

**Undercrossing Heimplatz**  
Heimplatz is an important traffic junction that had to function at all times. Due to the shallow depth of the undercrossing, it was not possible to construct it under-



**Fig. 5**  
Baugrube, Blick Richtung Unterquerung Heimplatz und bestehendes Kunsthaus.  
**Excavation pit, view towards Heimplatz undercrossing and existing Kunsthaus.**  
(© Beat Bühler)

Anbindung an Bestand  
Connection to existing building

Erweiterung  
Extension

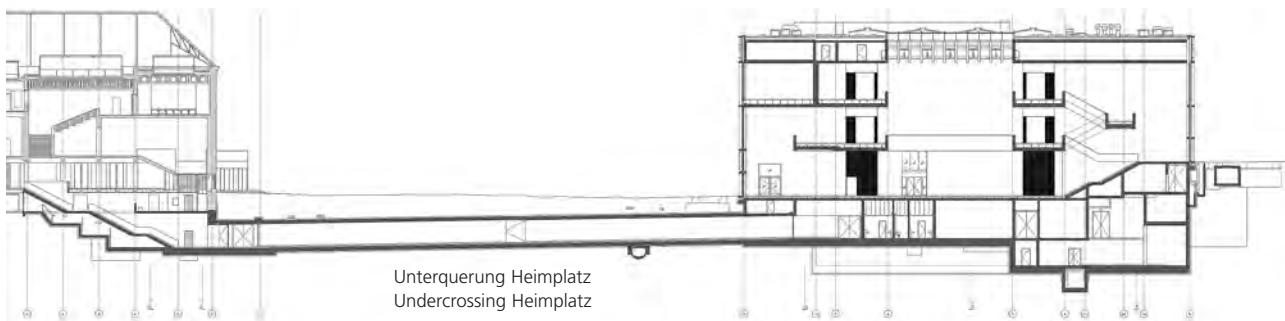


Fig. 6

Längsschnitt.

Longitudinal section.

(© David Chipperfield Architects)

ground. After more than a year of coordination and planning of the temporary traffic routing with the involvement of all affected municipal works, the solution crystallised to construct the passage in four main stages.

The undercrossing structure, built using cut-and-cover construction, consists of a frame that is closed on all sides, with the walls connected to the floor and the upper slab in a flexurally rigid manner. The construction of the vertical excavation pit closure was carried out in four stages with a mutually sprinkled concrete infill wall. Due to the numerous low-hanging tram and bus overhead lines, a drilling rig with a correspondingly smaller drilling diameter was selected in favour of the required manoeuvrability. The excavation pit was excavated from above until the first layer of bracing was installed, and then up to and including the 3rd construction stage via the already constructed undercrossing structure in the direction of the excavation pit for the extension building. In the 4th construction stage, access was no longer possible due to the work taking place there and excavation could only be carried out from above using cable excavators. In order to maintain the continuous tram service, an auxiliary bridge for the two track lanes was installed in the 2nd construction stage.

Etappen mit einer gegenseitig gespriessten Rühlwand mit Betonausfachung. Wegen der zahlreichen, tief hängenden Fahrleitungen von Tram und Bus wurde zugunsten der erforderlichen Manövrierfähigkeit ein Bohrgerät mit entsprechend kleinerem Bohrdurchmesser gewählt. Die Baugrube wurde bis zum Einbau der ersten Spriesslage von oben und anschliessend bis und mit 3. Bauetappe über das jeweils schon erstellte Unterquerungsbauwerk Richtung Baugrube des Erweiterungsbaus ausgehoben. In der 4. Bauetappe war der Zugang aufgrund der dort stattfindenden Arbeiten nicht mehr möglich und der Aushub konnte nur noch über Seilbagger ausschliesslich von oben durchgeführt werden. Zur Aufrechterhaltung des durchgehenden Trambetriebs wurde in der 2. Bauetappe eine Hilfsbrücke für die beiden Gleisspuren eingebaut.

#### Anbindung an Bestand

Bei der Anbindung der Unterquerung an das bestehende Kunsthaus – es wurde dazu ein zweites, neues Untergeschoss unter das bestehende gebaut – mussten in diesem Bereich die damals in unbewehrtem Stampfbeton erstellten Stützen und Wände unterfangen werden.

Die Sicherung der Stützen erfolgte über auf Kleinbohrpfählen auf-

#### Connection to the existing building

For the connection of the undercrossing to the existing Kunsthaus – a second, new basement was built under the existing one – the columns and walls, which were constructed in unreinforced stamped concrete at the time, had to be underpinned in this area.

The columns were secured by means of steel yokes supported on small drilled piles. In order to be able to control any settlements that occurred, presses were installed between the beams and the piles. Pre-drilled inclined piles were used to secure the walls. The mutually horizontal underpinning were constructed in stages in the course of the excavation, whereby the piles located in the underpinning level were also concreted in.

All work had to be carried out with small equipment in extremely confined spaces.

#### Façade

The façade consists of masonry façade blocks made of natural stone with natural stone pilaster strips in front of them and horizontal, storey-by-storey cornice bands made of prefabricated reinforced concrete elements. In the window areas, reinforced concrete pilaster strips are arranged between the horizontal cornice bands, freely spanning



Fig. 7

Erstellung Unterquerungsbauwerk, 4. Etappe.  
Construction of the undercrossing, 4th stage.  
(© Beat Bühler)

geständerte Stahljoche. Um auftretende Setzungen kontrollieren zu können, wurden zwischen den Trägern und den Pfählen Pressen eingebaut. Vorgängig gebohrte Schrägpfähle dienten der Sicherung der Wände. Die gegenseitig horizontal verspriesssten Unterfangungen wurden etappenweise im Zuge des Baugrubenaustritts erstellt, wobei die sich in der Unterfangungsebene befindenden Pfähle miteinbetoniert wurden.

Sämtliche Arbeiten mussten mit entsprechenden Kleingeräten unter äusserst engen Platzverhältnissen ausgeführt werden.

#### Fassade

Die Fassade besteht aus gemauerten Fassadenblöcken aus Naturstein mit davor gestellten Natursteinlisenen und horizontalen, geschossweise angeordneten Gesimsbändern aus Stahlbetonfertigteilen. In den Fensterbereichen sind zwischen den horizontalen Gesimsbändern frei über die volle Geschoss Höhe spannende Stahlbetonlisenen angeordnet.

**Bauträgerschaft/Developer**  
Einfache Gesellschaft Kunsthaus-  
Erweiterung  
**Eigentümer/Owner**  
Stiftung Zürcher Kunsthaus  
**Nutzende/Users**  
Zürcher Kunstgesellschaft  
**Bauherrenvertretung/  
Client representation**  
Stadt Zürich, Amt für Hochbauten  
**Architektur/Architecture**  
David Chipperfield Architects, Berlin  
**Bauingenieure (integrale Planung)/  
Civil engineers (integral planning)**  
Ingenieurgemeinschaft  
Ingenieurgruppe Bauen, Berlin, und  
dsp Ingenieure + Planer AG, Uster  
**Bauleitung/Site management**  
b+p Baurealisation AG, Zürich  
**Tief- und Spezialtiefbau/Under-  
ground and special foundation  
construction**  
Marti AG, Zürich  
**Hochbau/Building construction**  
Marti AG, Zürich  
**Natursteinfassade/  
Natural stone façade**  
Staudt Carrera AG, Zwingen  
**Fertigstellung/Completion**  
Frühjahr/Spring 2021

Beim Naturstein handelt es sich um einen aus der Region Basel stammenden Liesberger-Kalkstein mit lebendiger Oberfläche (Farbigkeit, Aderung, Schleif- und Gattersägespuren). Die Fertigteile wurden aus Kalksteinbeton gegossen.

Die Fassade ist über die ganze Gebäudehöhe selbsttragend, so dass sämtliche Horizontalfugen gemörtelt werden konnten.

#### Nachhaltigkeit

Im Sinne der 2000-Watt-Gesellschaft gilt die Erweiterung des Kunsthause im Vergleich zu bestehenden Museen neueren Datums als wegweisend, da es dank der kompakten Bauform mit grosser Gebäudemasse, der Verwendung von speziellen Betonarten, dem Einsatz von Geothermie, Betonkernaktivierung sowie Photovoltaik auf dem Dach gelungen ist, Primärenergie und Treibhausgasemissionen erheblich zu reduzieren. Im Laufe der zwölfjährigen Planungs- und Bauzeit wurde das Einhalten der Zielvorgaben mehrmals überprüft und entsprechende Korrekturmassnahmen wurden ergriffen.

Über 90 % der verbauten Ort betonbauteile bestehen aus Recyclingbeton mit CO<sub>2</sub>-reduzierten Zementen. Grundsätzlich wurde ein Hochofenzement CEM III/B 32,5 N-LH/SR aus Portlandzementklinker, Hüttsand und Gips eingesetzt.

Der hohe Anteil an Hüttsand bewirkt eine langsam verlaufende Wärmeentwicklung mit entsprechend geringer Hydratationswärme, was die Gefahr temperaturbedingter Spannungsrisse im erhärteten Beton erheblich reduziert. Insbesondere bei den massigen Bauteilen in Sichtbeton stellte sich dies als grosser Vorteil heraus. Da der Beton für den Abbindeprozess ein entsprechend warmes Klima benötigt, wurde bei weniger warmen Temperaturen ein Portlandkompositzement CEM II/B-M (T-LL) 42,5 N aus Portlandzementklinker, gebranntem Schiefer, hochwertigem Kalkstein und Gips verwendet.

the full storey height. The natural stone is Liesberger limestone from the Basel region with a lively surface (colouring, veining, traces of grinding and frame sawing). The prefabricated parts were cast from limestone concrete. The façade is self-supporting over the entire height of the building, so that all horizontal joints could be mortared.

#### Sustainability

In the sense of the 2000-watt society, the extension of the Kunsthaus is considered groundbreaking in comparison with existing museums of recent date, since it has succeeded in reducing a considerable amount of primary energy and greenhouse gas emissions thanks to the compact design with a large building mass, the use of special types of concrete, the use of geothermal energy, concrete core activation and photovoltaics on the roof. In the course of the twelve-year planning and construction period, compliance with the targets was checked several times and appropriate



**Fig. 8**

Etappenweise Unterfangung und horizontale Verspriessung für Einbau 2. UG unter Bestand.

Underpinning in stages and horizontal bracing for installation of the 2nd basement level under the existing building.

(© Beat Bühler)

corrective measures were taken. Over 90 % of the in-situ concrete components used are made of recycled concrete with CO<sub>2</sub>-reduced cements. Basically, a blast furnace slag cement CEM III/B 32.5 N-LH/SR made of Portland cement clinker, granulated blast furnace slag and gypsum was used.

The high proportion of granulated blastfurnace slag causes a slow heat development with a correspondingly low heat of hydration, which considerably reduces the risk of temperature-related stress cracks in the hardened concrete. This turned out to be a great advantage, especially for the massive components in fair-faced concrete. Since the concrete requires a correspondingly warm climate for the setting process, a Portland composite cement CEM II/B-M (T-L) 42.5 N made of Portland cement clinker, burnt slate, high-quality limestone and gypsum was used at less warm temperatures.

Due to the volume, the contractor produced the different concretes with a concrete mixing plant on

Der Unternehmer stellte aufgrund des Volumens die verschiedenen Betone mit einer Betonmischanlage vor Ort her. Dadurch konnte er auch der schwierigen Verkehrssituation am Heimplatz begegnen.

### Integrale Planung

Die Bearbeitung der Baugruben und Unterfangungen, der Pfahl- und Flachfundationen, der Rohrbauten in Beton und Stahl, der Fassade in Naturstein, der Erschliessungsleitungen und Verkehrsanlagen und der Koordination mit der Archäologie erfolgten ebenso wie die Bauleitung der Unterquerung des Heimplatzes und der Anbindung an den Bestand integral durch die Ingenieurgemeinschaft aus einer Hand.

site. This also allowed him to deal with the difficult traffic situation at Heimplatz.

### Integral planning

The engineering consortium was responsible for the construction of the excavation pits and underpinnings, the pile and flat foundations, the concrete and steel shells, the natural stone façade, the access lines and traffic facilities and the coordination with the archaeology department, as well as for the construction management of the undercrossing of Heimplatz and the connection to the existing building.

#### Autor/Author

Bruno Patt  
dipl. Bau-Ing. HTL  
dsp Ingenieure + Planer AG,  
CH-8610 Uster  
bruno.patt@dsp.ch

# Cité du Temps – Swatch Group, Biel

## Cité du Temps – Swatch Group, Biel

Jan Stebler

### Einleitung

Die Cité du Temps ist ein neues Gebäude der Swatch Group in Biel, das unter anderem zwei Museen für die Uhrenmarken von Swatch und Omega beherbergt (Fig. 1 und 2). Es liegt zwischen den früheren Omegagebäuden und dem neuen Firmensitz der Swatch. Der siebengeschossige Hybridbau besteht aus fünf Obergeschossen, einem Erd- und einem unterirdischen Technikgeschoss. Die Obergeschosse sind in Holzbauweise konzipiert und stehen auf einem gewölbeartigen Sockelgeschoss aus Stahlbeton, das teilweise ausserhalb der Gebäudehülle im kalten Bereich liegt und als öffentlicher Aufenthaltsbereich (Plaza) dient. Die Lasten aus den Obergeschoßen werden über Fassadenstützen abgetragen, die direkt über den Rahmenstützen der Gewölbestruktur stehen. Vom Erdgeschoss gelangt man über die Lobby und einen grossen Treppenaufgang zu den Museen im 1. und 2. Obergeschoss. Das 3. Obergeschoss

### Introduction

The Cité du Temps is a new Swatch Group building in Biel, which houses, among other facilities, two independent museums of the Swatch and Omega brands. (Fig. 1 and 2) It is located between the historic Omega buildings and the new Swatch headquarters. The seven-storey hybrid building consists of five upper storeys, a ground floor and an underground technical storey. The upper floors are designed as timber construction and stand on a vaulted base level made of reinforced concrete that is partially outside of the building shell in the cold area and serves as a public common area (Plaza). The loads from the upper floors are transferred via the facade columns that are directly above the frame columns of the vaulted structure. The museums located in the first and second floors are reached from the ground floor through the lobby and up the large staircase. The third floor serves as a multifunctional space for confe-

dient als Mehrzweckraum für Konferenzen, Ausstellungen und Anlässe der Swatch Group. Dieser Gebäudeteil ist durch eine Brücke mit dem gegenüberliegenden Neubau des Swatch-Firmensitzes verbunden. In einem auffälligen Volumenkörper befindet sich der Nicolas-G.-Hayek-Konferenzsaal, der sich über das 4. und 5. Obergeschoss erstreckt. Dieses Element weist die Form eines gestauchten Rotationsellipsoids auf und wird dem Gebäude als eigenständiges Teil aufgesetzt. Im 4. Obergeschoss finden sich neben dem Konferenzsaal ein grosses Foyer sowie Nebenräume. Das Gebäude misst im Grundriss rund 80 x 17 Meter.

### Gemeinsame Formfindung

Das Entwickeln der Form der Gewölbestruktur startete mit einem architektonischen Entwurf. Dieser sollte die Grundidee des bekannten Architekten und Pritzker-Preisträgers Shigeru Ban aufzeigen, wonach ein fünfgeschossiger Holzbau auf einem massiven

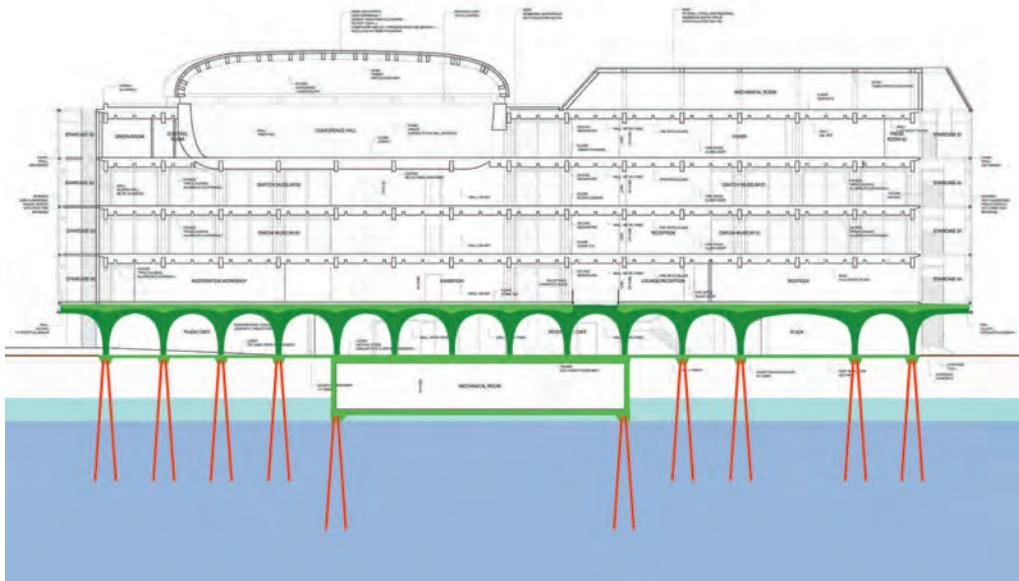


Fig. 1

Cité du Temps – Swatch Group, Biel, Aussenansicht.

Cité du Temps – Swatch Group, Biel, exterior view.

(© Didier Boy de la Tour)



**Fig. 2**

Schematische Darstellung der Gewölbestruktur inklusive Fundationen im Längsschnitt.

Schematic representation of the vaulted structure including foundations in longitudinal section.

rences, exhibitions and events for the Swatch Group. This part of the building is connected by a bridge to the new Swatch headquarters building across the road. A striking volume houses the Nicolas G. Hayek Conference Hall which stretches to the fourth and fifth floors. This element has the shape of a compressed rotational ellipsoid and is placed on the building as a separate element. On the fourth floor, in addition to the Conference Hall, a large foyer and ancillary rooms are located. The building floor plan measures approximately 80 x 17 metres.

### Joint form finding

The design for the form of the vaulted structure began with an architectural sketch. This was intended to show the basic concept of the famous architect and Pritzker Prize laureate Shigeru Ban according to which a five-storey timber building stands on a solid concrete base. The concrete base was intended at the same time to be part of the architectural expression, a living and accessible external space, the "sixth facade" and

Sockel aus Beton steht. Der Betonsockel sollte gleichermassen Teil des architektonischen Ausdrucks, erleb- und begehbarer Außenraum, die «sechste Fassade» und zugleich der statische Gebäudesockel sein. Die Bögen in der Decke sollten möglichst flach ausgebildet werden, ähnlich einem reinen Rahmensystem, um breitere nutzbare Flächen mit genügend Kopffreiheit zu generieren. Aus statischer Sicht sollten die Gewölbe hingegen eine möglichst konstante Krümmung aufweisen, was einen günstigen Kräftefluss ermöglicht, jedoch zu weniger nutzbarer Fläche unterhalb der Bögen führt. Unter Berücksichtigung sämtlicher Projektanforderungen definierten Architekt und Tragwerksplaner in mehreren Entwicklungsschritten die definitive Geometrie der Gewölbedecke.

### Statisches System

Das primäre Tragelement des rund 73 Meter langen und 16 Meter breiten Stahlbetonkörpers bilden die 14 Rahmen, die in Querrichtung spannen. Diese tragen sowohl den Hauptanteil der vertika-

at the same time the structural building base. The ceiling arches were to be as flat as possible, similar to a purely frame system, in order to generate wider usable areas with sufficient headroom. In contrast, from a structural point of view the vault was to have as constant a curve as possible, which allows for a favourable flow of forces, but results in less usable space beneath the arches. Taking all project requirements into consideration, the architect and structural engineers defined the final geometry of the vaulted ceiling after a number of design phases.

### Structural system

The primary structural elements of the approximately 73 metres long and 16 metres wide reinforced concrete structure are the 14 frames that stretch in the transverse direction. They transfer both the major proportion of the vertical loads and the horizontal forces in the transverse direction. In the longitudinal direction, there are on either side 13 arches along the facade levels that are linked together. They carry the



**Fig. 3**  
Flächengeometrisches Computermodell der Gewölbestruktur inkl. Einlagen und Aussparungen.  
**Surface geometric computer model of the vaulted structure including inserts and recesses.**



**Fig. 4**  
Dreidimensionales Bewehrungsmodell.  
**Three-dimensional reinforcement model.**

len Lasten wie auch die horizontalen Einwirkungen in Querrichtung ab. In Längsrichtung sind jeweils 13 Bögen entlang den Fassadenebenen aneinander gekoppelt. Diese tragen die vertikalen Lasten in Fassadennähe und garantieren die Gebäudestabilität in Längsrichtung.

Zur Stärkung des architektonischen Ausdrucks und zur Wahrung eines reinen Tragwerkskonzepts wurde bewusst auf den Einbau von massiven Wänden verzichtet. Sämtliche Lasten aus Eigengewicht und Auflast, Nutzlast sowie Wind und Erdbeben werden ausschliesslich über die insgesamt 28 ovalen Rahmenstützen abgetragen. Dabei tritt in den Stützen eine kombinierte Beanspruchung aus Normalkraft sowie zweiachsiger Biege- und Schubbeanspruchung mit maximalen Schnittkräften in den Knotenpunkten auf.

### Tragwerksentwurf

Die Nachweise für die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit der Gewölbestruktur erforderten eine umfassende statische Modellierung unter Berücksichtigung der räumlichen Tragwirkung des Gesamtsystems sowie der überlagerten Einwirkungen aus dem aufgesetzten Holzbau (Fig. 3). Neben den statischen Herausforderungen waren die Fragen nach der bautechnischen Umsetzung entscheidend. Im Unterschied zur Ausführung üblicher Betonbauteile mussten für die

vertical loads adjacent to the facades and ensure the stability of the building in the longitudinal direction. To strengthen the architectural expression and to preserve a purely structural concept, the use of solid walls was purposely avoided. All loads from dead load and superimposed load, live load and also wind and earthquake are transferred exclusively through the 28 oval frame supports. The vertical frame members are loaded by combined normal force, biaxial bending and shear with maximum internal forces in the frame nodes.

### Structural design

The verification of structural safety and serviceability of the vaulted structure required comprehensive structural modelling, taking the spatial load-bearing effect of the overall system into consideration and the effects from the overlying superimposed timber structure (Fig. 3). In addition to the structural challenges, issues relating to practical implementation were decisive. Unlike the construction of common concrete members, no actual formwork drawings had to be prepared for the vaulted structure. The geometry was carefully built up in advance in a 3D model and reviewed and then sent directly to the formwork company electronically. They then modelled the formwork from glued veneer timber blocks and finished them with

Gewölbestruktur keine eigentlichen Schalungspläne erstellt werden. Die Geometrie wurde vorgängig im 3D-Modell sorgfältig aufgebaut und überprüft und anschliessend elektronisch direkt an den Schalungsbauer übermittelt. Dieser modellierte die Schalung aus verleimten Furnierholzblöcken und bearbeitete sie mit mehrachsigen Fräsen millimetergenau. Anschliessend wurden die fertigen Elemente auf die Baustelle geliefert und vom Bauunternehmer zusammengefügt und aufgerichtet.

Unter Zuhilfenahme mehrerer Programme erfolgte auch eine intensive Auseinandersetzung mit der Modellierung der Stabbewehrung im dreidimensionalen Körper. Als geometrische Grundlage diente ein Flächenmodell, woraus

<b>Bauherrschaft/Client</b>
The Swatch Group Ltd
<b>Projektmanagement/Project management</b>
Hayek Engineering AG
<b>Architekt/Architecture</b>
Shigeru Ban Architects Europe / Itten+Brechbühl AG (ausführende Architekten/executive architect)
<b>Ingenieur/Structural engineering</b>
SJB Kempten Fitze AG (Teil Holzbau/timber construction)/ Création Holz AG;
Schnetzer Puskas Ingenieure AG (Teil Massivbau/solid construction)
<b>Unternehmer/Execution</b>
ARGE Marti-Frutiger
<b>Planung/planning:</b> 2013
<b>Baubeginn/construction start:</b> 2014
<b>Fertigstellung/completion:</b> 2019

multi-axis milling machines. Then, the finished elements were delivered to the construction site and assembled and erected by the contractor.

With the help of a number of software programs, the modeling of the bar reinforcement in a 3D body was studied in detail. A surface model was used as the geometric base, from which any number of sections and interfaces with varying orientations were generated with the software. Orthogonal section lines at intervals of 10 cm were generated both for the column area and the slab area and were exported to a CAD program. This allowed for the rebars to be constructed in such a way that the bar geometry followed the course of the formwork as precisely as possible. The spatial construction of the rebars from hundreds of individual sections were then imported into the 3D model and assembled (Fig. 4).

sich mithilfe der Software beliebige Schnitte bzw. Schnittflächen mit unterschiedlicher Orientierung generieren lassen. Es wurden sowohl für den Stützenbereich wie auch für den Deckenbereich orthogonale Schnittlinien im Abstand von 10 cm generiert und in ein CAD-Programm exportiert. Darin konnten die Bewehrungseisen so aufkonstruiert werden, dass die Eisengeometrie möglichst exakt dem Schalungsverlauf folgt. Die räumlich aufkonstruierten Bewehrungseisen aus mehreren hundert Einzelschnitten wurden danach wieder ins 3D-Modell importiert und zusammengefügt (Fig. 4).

In enger Zusammenarbeit mit der Eisenbiegerei wurde ausgelotet, welche geometrischen Eisenformen herstellungstechnisch überhaupt möglich sind. Sämtliche untersuchten Varianten zeigten, dass die Herstellung von mehrfach gekrümmten Eisen immer

In close cooperation with the rebar bending factory, geometric rebar shapes which were actually possible from a production point of view were identified. All versions examined showed that the production of multi-curved rebar is always subject to design tolerances and consequently that placing it precisely in the formwork is very difficult in the case of larger diameters. These findings led to the decision to set the structurally relevant rebar with larger diameters as independently as possible from the surface geometry and to map the precise course of the formwork with "shaping" rebar with small diameters, which were flexibly adapted on site.

## Execution

The concreting work for the vaulted structure was carried out in 14 stages, with three shrinkage pour strips left open to keep the

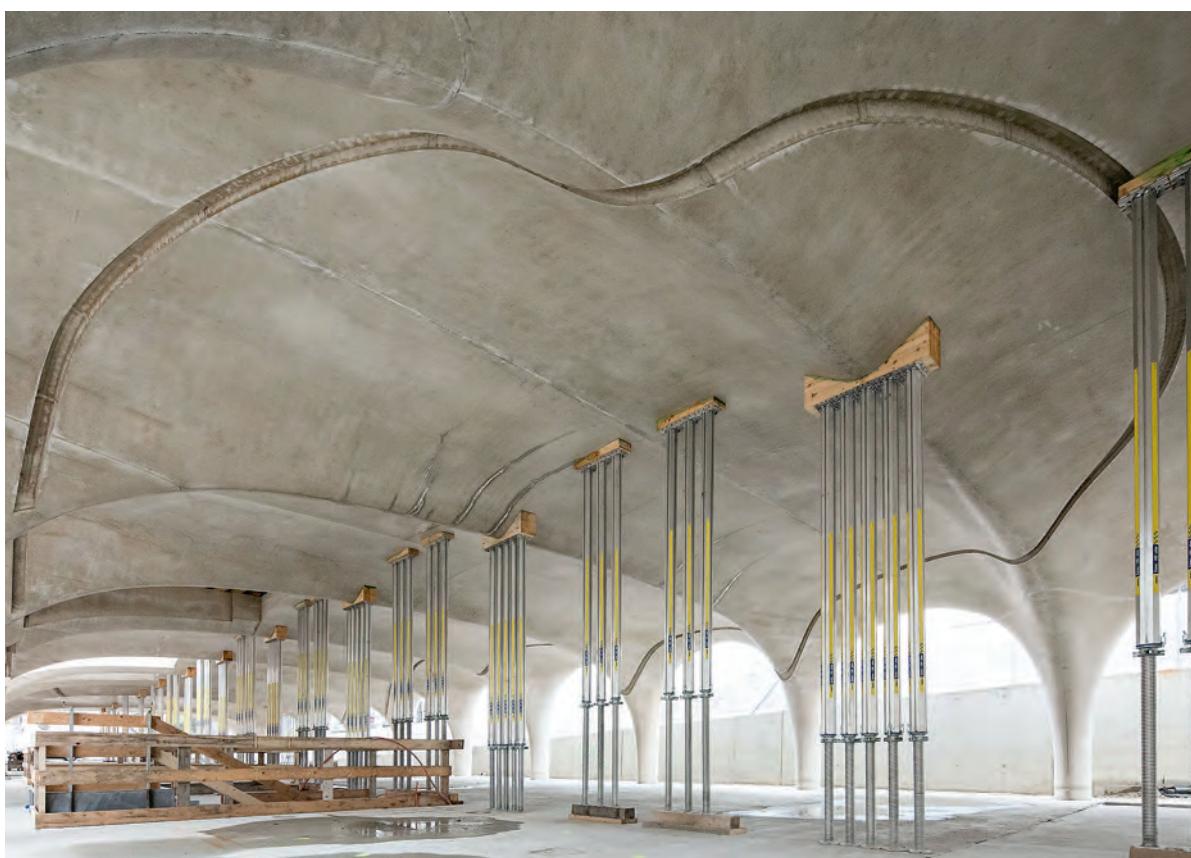


Fig. 5

Fertige Gewölbekonstruktion mit temporärer Spriessung im Bauzustand.

Finished vault structure, temporary propping still in place.

(© Philipp Zinniker)



**Fig. 6**  
Aufbau der Schalung.  
Erection of the formwork.

mit Ausführungstoleranzen behaftet ist und folglich eine exakte Einpassung in die Schalungsform bei grösseren Durchmessern stark erschwert ist. Diese Erkenntnisse resultierten in der Entscheidung, die statisch relevanten Eisen mit grösseren Durchmessern möglichst unabhängig von der Oberflächengeometrie einzulegen und den exakten Schalungsverlauf mit «formgebenden» Eisen mit geringeren Durchmessern abzubilden, die sich vor Ort flexibel anpassen liessen.

## Ausführung

Die Ausführung der Betonierarbeiten für die Gewölbestruktur erfolgte in insgesamt 14 Etappen, dabei wurden drei Schwindetappen offengelassen, um die Eigenspannungen und Zwängungen aus den Schwindverkürzungen in Längsrichtung möglichst gering zu halten. Zwischen der Ausführung der ersten und der letzten Betonieretappe lagen sechseinhalb Monate. Zusätzlich wurden nach dem Fugenschluss die beiden Fundamentriegel in Längsrichtung vorgespannt, damit die peripheren Stützenfüsse parallel zur Deckenverkürzung zum Zentrum hin gezogen wurden und dadurch die Zwängungen in den Rahmenstielen reduziert werden konnten. Aufgrund der bis zu zwei Meter mächtigen Betonstärke im Bereich der Rahmenknoten

residual stresses and constraints from the shrinkage shortening in the longitudinal direction as low as possible. There were six and a half months between the first and last concreting stage. In addition, after the pour strips had been closed the two foundation beams were prestressed in the longitudinal direction so that the peripheral column feet were pulled parallel to the shortening of the slab towards the centre, thereby reducing the restraints in the frame posts. Due to the con-

über den Stützen wurde der Abbindeprozess im Beton gegenüber gängigen Bauteilabmessungen deutlich verlangsamt. Die Hydratationswärme sorgte im Bauteilinnern für gemessene Temperaturen von bis zu 90 °C, wobei der Maximalwert ca. 36 Stunden nach dem Betonieren erreicht wurde. Die Ausschafffrist betrug sechs Tage, um zusätzlichen Eigenspannungen im Beton entgegenzuwirken und eine bestmögliche Sichtqualität zu erhalten (Fig. 5). Vor allem der Einbau der Bewehrung bedingte neue Verständigungswege. Eine grosse Herausforderung bestand darin, die dreidimensional geplante Stabbewehrung in einer geeigneten Form darzustellen, damit die Eisenleger die umfassenden Informationen vor Ort praktisch umsetzen konnten. Dazu wurden die Schalungsflächen in allen drei Raumachsen in ein regelmässiges Raster im Abstand von 10 cm eingeteilt, sodass jede Schnittebene durch den Volumenkörper räumlich eindeutig definiert war. So konnte anhand von Excel-Tabellen mit den dazugehörigen Bewehrungsprinzipien im Referenzschnitt jede Positionsnummer von der Bewehrungsliste passgenau dem einzubauenden Ort zugeord-



**Fig. 7**  
Ausführung mit sogenannten statischen Bügeln innen und formgebenden Bügeln aussen.  
Execution with so-called structural stirrups on the inside and shaping stirrups on the outside.  
(© Philipp Zinniker)

crete thickness that is up to two metres in the area of the frame nodes above the columns, the setting process in the concrete was considerably slowed down compared with standard dimensions. The heat of hydration rose to measured temperatures of up to 90 °C in the inside of the element, with the maximum value occurring approximately 36 hours after concreting. The stripping time limit was six days, to counteract additional internal stresses in the concrete and to achieve the best possible visual quality (Fig. 5).

More than anything, the installation of the reinforcement required new channels of communication. One great challenge was to represent the three-dimensional planned bar reinforcement in a suitable form so that the rebar fixers were in a position to execute the comprehensive information on site. To this end, the formwork surfaces were divided into a regular grid at intervals of 10 cm in all three spatial axes, so that each sectional plane was clearly spatially defined by the solid body. Using an Excel spreadsheet together with the corresponding reinforcement principles in the reference section, each position number from the reinforcement list was

net werden. Diese Darstellungsweise war vor allem an jenen Stellen von zentraler Bedeutung, wo sich die Oberflächengeometrie aufgrund der starken Krümmung rasch ändert. Teilweise gab es pro Positionsnummer nur gerade ein Eisen, da dieselbe Eisengeometrie 10 cm daneben bereits nicht mehr auf die Schalung passte (Fig. 6, 7, 8).

Dank der hervorragenden Zusammenarbeit zwischen Bauunternehmer, Architekt/Bauleiter und Bauingenieur konnten bei der Ausführung der Gewölbestruktur eine sehr hohe Präzision und dadurch eine herausragende Qualität erreicht werden. Es zeigte sich deutlich, dass eine detaillierte Abstimmung zwischen allen Beteiligten sowie ein direkter Informationsfluss innerhalb des gesamten «Sichtbetonteams» bei der Umsetzung von anspruchsvollen Sichtbetonbauten entscheidend sind.

Die Ausführung der Betongewölbestruktur der Cité du Temps zeigte zudem, dass sich die Grenzen der gestalterischen und technischen Möglichkeiten selbst in der traditionellen Ortbetonbauweise mit digitalisierter Planung und Innovation weiter verschieben lassen.

precisely assigned to its installation location. This method of representation was very effective, above all in those positions where the surface geometry changed quickly due to a strong curvature. In some parts, there was just about one bar per position number since the same bar geometry 10 cm adjacent to it already no longer fitted the formwork (Fig. 6, 7, 8).

Thanks to the excellent collaboration between the contractor, the architect/site manager and the civil engineer, a high level of precision was achieved in the execution of the vaulted structure and, consequently, outstanding quality. It was very clear that a detailed coordination between all those involved and a direct flow of information within the entire “fair-faced concrete team” during the execution of challenging exposed concrete structures is paramount. The execution of the concrete vault structure of the Cité du Temps also demonstrated that the boundaries of design and technical possibilities can be pushed further even in traditional in-situ concrete construction with digitized planning and innovation.



**Fig. 8**

Zweiachsig gekrümmte Einlage für den Anschluss der Glasfassade an die Betongewölbe.

Biaxially curved insert for the connection of the glazed facade to the concrete vault.

#### Autor/Autor

Jan Stebler  
dipl. Bauing. ETH/SIA  
Schnetzer Puskas Ingenieure AG  
CH-3011 Bern  
j.stebler@schnetzerpuskas.com

# Casa anziani, Giornico

## Retirement home, Giornico

Andrea Pedrazzini, Eugenio Pedrazzini, Roberto Guidotti

### Introduzione

La nuova casa anziani è stata costruita su un terreno in leggera pendenza posto ai limiti del nucleo storico del villaggio di Giornico ed in relazione con altri programmi pubblici. La pietra che definisce i ripidi e ruvidi pendii dei fianchi della valle e che per contro viene levigata dal fiume che scorre lungo il limite a valle della parcella sulla quale è co-

### Introduction

The new retirement home was built on an empty slightly sloping site located at the limits of the village core of Giornico and in relation with the surrounding public buildings. The stone which defines the steep and rough flanks of the valley and which, on the other hand, is polished by the river flowing along the lower boundary of the land where the retirement

struita la casa anziani costituisce la materia che impregna il luogo. Questa medesima pietra, ma in una sua forma contemporanea, il calcestruzzo, è impiegata per realizzare la struttura che sorregge il nuovo edificio. Delle facciate non portanti in legno di larice e vetro lo completano e compongono la maggior parte dell'involturo che vela la struttura. Questa si manifesta, quasi esclusivamente, al visitatore attento che percorre gli spazi interni orientandosi servendosi delle quattro profonde viste definite dalla struttura ed aperte sul paesaggio circostante.

L'edificio ha pianta quadrata ed è composto da un livello seminterrato, che accoglie i locali tecnici, gli spogliatoi e la cucina, e da quattro piani fuoriterra. Al piano terra si trovano i programmi pubblici interamente aperti su un generoso camminamento perimetrale che collega l'edificio allo spazio pubblico del nucleo del villaggio. Ai piani superiori ci sono le camere degli ospiti e diversi locali per le attività terapeutiche; i primi due sono identici mentre il terzo è un'attico arretrato rispetto al bordo dell'edificio e presenta una disposizione degli spazi più fluidi in ragione delle patologie specifiche ai suoi residenti.

### Considerazioni strutturali

La struttura portante dell'edificio, che ha una dimensione in pianta di 36,0 m x 36,0 m, è interamente composta da solai piani e da pareti in calcestruzzo armato e pre-compresso. La caratteristica principale sono i profondi aggetti che liberano da ogni struttura portante verticale, su poco più di 7 m di profondità, le quattro fasce di bordo del piano terra così da rafforzarne il carattere pubblico degli spazi interni e del camminamento perimetrale. Lo sbalzo è sostenuto in maniera semplice

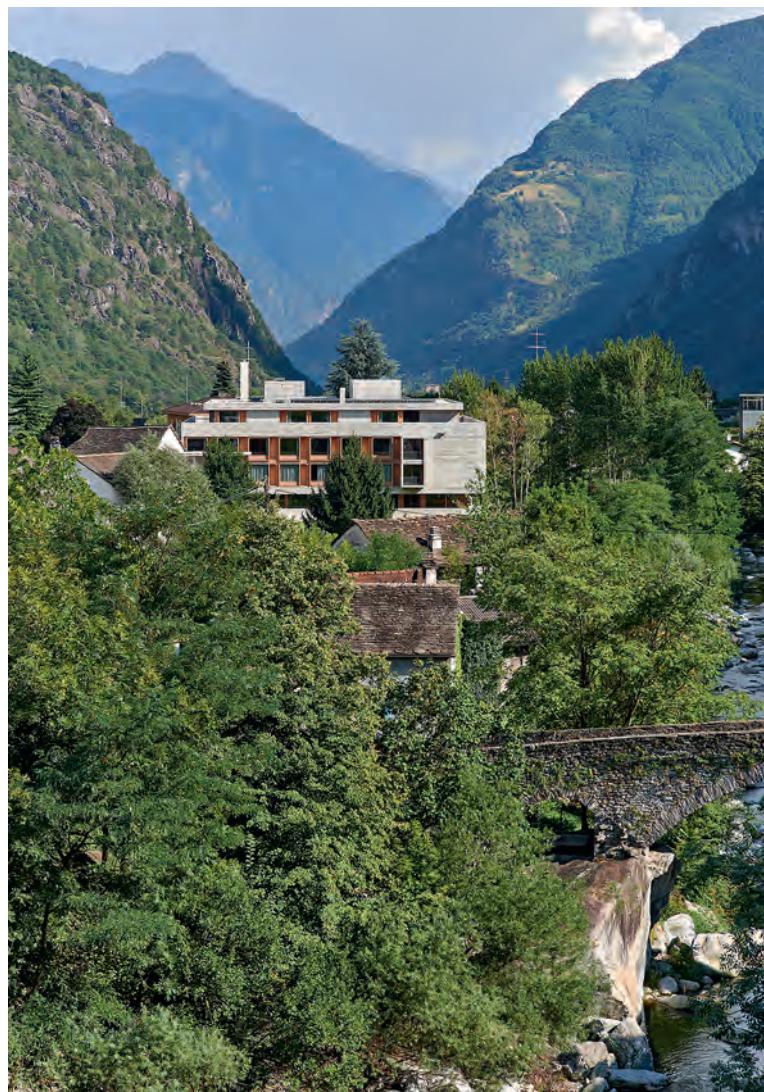


Fig. 1  
Vista dell'edificio della nuova casa anziani da nord.  
View of the new retirement home from the north.  
(© marcelo villada ortiz)

home is built, is the material which dominates the place. This same stone, but in a contemporary form, the concrete, is used to build the structure supporting the new building. Non-load bearing façades of larch wood and glass complete the building and compose most of the envelope covering the structure. This is visible almost exclusively to the attentive visitor who walks through the interior spaces, looking at the four deep views defined by the structure and open onto the surrounding landscape.

The building has a square plan and is composed of a semi-base-ment level, which houses the technical rooms, changing rooms and the kitchen, and 4 levels above ground. On the ground floor are the public areas, which are entirely open to a generous perimeter path that connects the building to the public space of the village. On the upper floors are the guest rooms and various rooms for therapeutic activities; the first two floors are identical while the third is an attic set back from the edge of the building and has a more fluid arrangement of spaces due to the specific needs of its residents.

### **Structural aspects**

The load-bearing structure of the building, which has a plan dimension of 36.0 m x 36.0 m, is composed entirely of flat slabs and walls in reinforced and prestressed concrete. The main feature is the deep cantilevers which project about 7 m over the four edge strips of the ground floor freeing them from any vertical structural elements. This accentuates the public character of the interior spaces and the perimeter path. The cantilever is supported in a simple manner by the walls separating the rooms, arranged in four blocks along the façades, which act structurally with the slabs. These walls are 20 cm thick and two storeys high and are arranged perpendicularly to the edges of the slabs. Inwards, they are connected to perpendicularly arranged short and 30 cm thick



Fig. 2

Vista da sud dove è ben visibile il giunto creato dal camminamento periferico.  
View from the south where the joint created by the perimeter path is clearly visible.

(© marcelo villada ortiz)



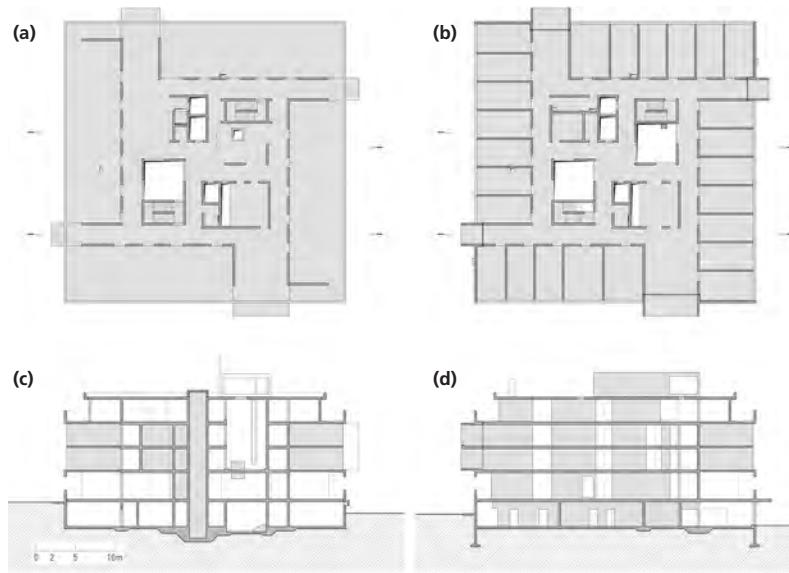
Fig. 3

Vista interna degli spazi pubblici al pian terreno.  
Interior view of public spaces on the ground floor.

(© marcelo villada ortiz)

dalle pareti che separano le camere, disposte in quattro blocchi lungo le facciate che collaborano con i solai. Queste pareti spesse 20 cm, alte due piani e disposte in direzione perpendicolare rispetto ai bordi del solaio sono collegate a delle lame perpendicolari spesse 30 cm, che attraversano in maniera più o meno continua l'intero

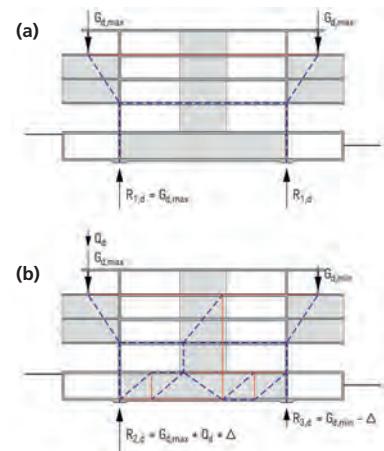
walls, which cross more or less continuously the entire building, forming an L-shaped element. The vertical structure is finally completed by four cores, with 25 cm thick walls and located in the central part of the building, which change in geometry on the various levels in order to accommodate the different functions that



**Fig. 4**

Piani della struttura: a) pianta del pian terreno; b) pianta del secondo piano; c) e d) sezioni caratteristiche.

Structure drawings: a) ground floor plan; b) second floor plan; c) and d) characteristic sections.



**Fig. 5**

Funzionamento strutturale dello sbalzo (trazione in rosso, compressione in blu): a) caso di carico simmetrico (solo pesi propri) e b) caso di carico assimmetrico.

Structural behaviour of the cantilever (traction in red, compression in blue): a) symmetrical load case (self-weights only) and b) asymmetrical load case.

edificio, formando così un elemento a forma di L. Per contenere il peso della struttura nella zona dello sbalzo anche i solai presentano uno spessore di soli 20 cm; mentre nelle zone restanti hanno uno spessore maggiore in quanto le portate sono più importanti. La struttura verticale è poi completa da quattro nuclei, con pareti da 25 cm di spessore e posti nella parte centrale dell'edificio, che variano di geometria sui vari livelli in quanto le funzioni che accolgono parzialmente cambiano. Questi elementi, assieme alle lame descritte in precedenza, controventano l'edificio e, come vedremo in seguito, rendono stabile il sistema di pareti a sbalzo. Il piano seminiterrato sul perimetro è quasi interamente chiuso da pareti che lo rendono quindi una scatola estremamente rigida nella quale possono facilmente incassarsi le strutture verticali che stabilizzano l'edificio. Questo piano riposa poi su una platea provvista di irrigidimenti laddove gli sforzi da trasmettere al terre-

they house. These elements, together with the short walls described above, brace the building and, as described below, ensure the equilibrium of the cantilevered walls system.

The semi-basement on the perimeter is almost entirely enclosed by walls, thus it is an extremely rigid box into which the vertical structures bracing the building can easily be embedded. This floor then rests on a ground slab provided with stiffening where the forces to be transmitted to the foundation soil are greatest. It is important to note that the presence of the significant cantilevers greatly increases the difference between the extreme values of the reactions on the single vertical supports.

The structure of the attic is also composed of walls that rest, punctually, on those of the lower floors and of a flat slab. Finally, there are several reinforced concrete structures on the roof which house the technical installations. However, these elements do not

no di fondazione sono maggiori. È importante notare che la presenza dei generosi sbalzi aumenta di molto lo scarto tra i valori estremi delle reazioni sulle singole strutture portanti verticali.

Anche le strutture portanti del piano dell'attico sono composte da pareti che appoggiano, puntualmente, su quelle dei piani inferiori e da un solaio piano. Infine sul tetto sono presenti diverse strutture in calcestruzzo armato che servono per le installazioni tecniche. Ma, questi elementi non hanno un ruolo principale nel funzionamento strutturale globale dell'edificio.

Il funzionamento degli sbalzi se caricati in maniera simmetrica è semplice: le pareti sono sollecitate da una compressione inclinata, il solaio sul piano terra è compresso mentre quello sul secondo piano risulta teso e le pareti interne allo sbalzo trasmettono il carico fino alle fondazioni. Per garantire un buon funzionamento allo stato limite di servizio, evitando fessurazioni del solaio teso, in

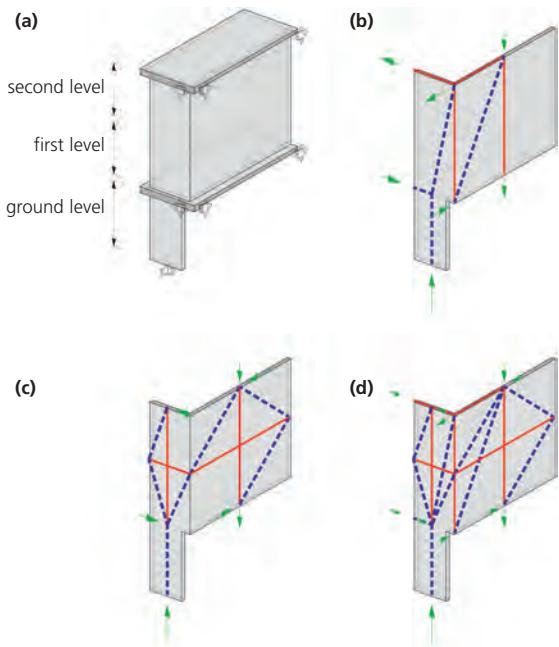


Fig. 6

Modelli a bielle e tiranti: a) elemento strutturale; b) modello con sospensione totale; c) modello diffuso e d) modello combinato.

Strut-and-tie models: a) structural element; b) full suspension model; c) diffuse model and d) combined model.

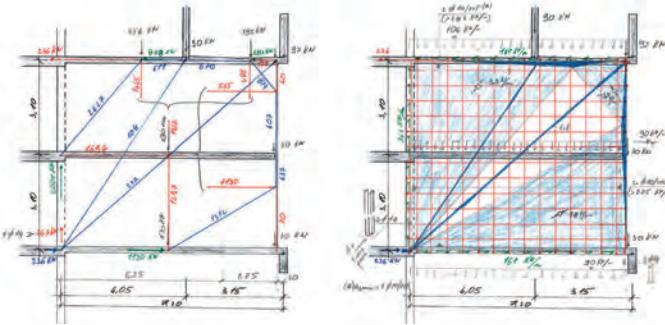


Fig. 7

Modelli a bielle e tiranti e campo di tensioni utilizzati per il dimensionamento.

Strut-and-tie and stress field models used for design.

play a major role in the overall structural behaviour of the building.

The behaviour of the cantilevers when loaded symmetrically is simple: the walls are stressed by an inclined compression; the slab on the ground floor is compressed while the slab on the second floor is tensioned and the walls inside the cantilever transmit the load to the foundations. In order to guarantee correct behaviour at the serviceability limit state, avoiding cracking of the tensioned slab, an almost centric prestressing was arranged in this element using 16 cables of 5 strands (Y1860S7-15.7) each arranged in flat ducts. The behaviour becomes instead more complex if there are asymmetries in the loads or in the geometry, since it is necessary to have vertical bracing structures to balance the portions of horizontal forces in the two floors that are not mutually in equilibrium. These two forces, of equal intensity but opposite direction, impose a horizontal displacement of part of

questo elemento si è disposta una precompressione pressoché centrica eseguita mediante 16 cavi da 5 trefoli (Y1860S7-15.7) ciascuno disposti in una guaina piatta. Il funzionamento diventa più complesso se si è in presenza di assimetrie nei carichi o nella geometria in quanto è necessario disporre delle strutture verticali di controventamento che permettono di bilanciare le porzioni di forze orizzontali nei due solai non mutualmente in equilibrio. Queste due forze, di uguale intensità ma di senso opposto, impongono uno spostamento orizzontale di una parte della reazione verticale sulla fondazione più caricata verso quella meno caricata. Ciò spiega la grande variabilità nell'intensità delle reazioni estreme sui portanti verticali.

Nella maggior parte dei casi le lame al piano terra che appoggiano la struttura a forma di L che sorregge lo sbalzo non si estende fino all'angolo e quindi la forza che sollecita la parete lunga deve essere trasmessa attraverso que-

the vertical reaction on the more heavily loaded foundation towards the less loaded one. This explains the great variability in the intensity of the extreme reactions on the vertical structural elements.

In most cases the short walls do not extend to the corner of the L-shaped structures of the cantilever and so the force acting on the long wall must be transmitted through this corner. The simplest manner to solve this discontinuity is to suspend the entire force on the reinforcement placed in the corner as suggested in Figure 6(b) but the small thicknesses in relation to the intensity of the force to be suspended (about 2250 kN) do not allow placement of the necessary amount of reinforcement. A diffuse model was therefore developed, as shown in Figure 6(c), in which the force is transmitted through the angle in a distributed manner over the entire height of the wall. In this case it is not necessary to have any reinforcement concentrated



**Fig. 8**

Vista del cantiere durante la costruzione delle pareti a L del primo piano.

*View during the construction of the L-shaped walls at first level.*

(© Studio Milesi)

sto angolo. La maniera più semplice per risolvere questa discontinuità è quella di sospendere l'intera forza sull'armatura disposta nell'angolo come suggerito dalla figura 6(b) ma gli spessori ridotti in relazione all'intensità della forza da sospendere (circa 2250 kN) non permettono di disporre la necessaria quantità d'armatura. Si è quindi sviluppato il modello resistente diffuso mostrato in figura 6(c) nel quale la forza è trasmessa attraverso l'angolo in maniera distribuita su tutta la sua lunghezza. In questo caso non è necessario disporre nessuna armatura concentrata nell'angolo. Si può facilmente dimostrare che, per la sola verifica dello stato limite ultimo e con la geometria data, il secondo modello necessita di una quantità d'armatura totale circa 12% maggiore rispetto al primo. Ma se si considera l'armatura minima che in ogni modo deve essere disposta orizzontalmente e verticalmente nelle pareti per garantire i requisiti relativi alla ripartizione delle fessure il secondo modello risulta estremamente più vantaggioso in termini di quantità totale d'armatura oltre che in spessore degli elementi di calcestruzzo. Per queste

in the corner. It can easily be shown that, for the verification of the ultimate limit state alone and with the given geometry, the second model requires about 12% more total reinforcement than the first one. But if the minimum reinforcement which must in any case be arranged horizontally and vertically in the walls to guarantee the crack distribution demands is taken into account, the second model is extremely advantageous in terms of total amount of reinforcement and thickness of the concrete elements. For these same reasons, the compression on the lower edge and the tension on the upper edge were distributed over the slabs. Finally, for the dimensioning of the structure, an intermediate model to the two models described above was adopted (Fig. 6(d)). This model considers a suspension in the corner only for the part of the force not transmitted by the second model with the minimum reinforcement ratio required by the serviceability limit state.

### **Construction and materials**

The construction of the building did not require any special ar-

stesse ragioni la compressione sul bordo inferiore e la trazione su quello superiore sono state distribuite sui solai. Infine, per il dimensionamento della struttura si è optato per un modello intermedio (fig. 6(d)) ai due modelli descritti in precedenza sospendendo nell'angolo solo la parte di forza non trasmessa dal secondo modello armato in parete con il tasso d'armatura minima richiesto dallo stato limite di servizio.

### **Costruzione e materiali**

La costruzione dell'edificio non ha richiesto particolari accorgimenti se non quello di mantenere puntellate le parti a sbalzo fino alla messa in tensione e l'iniezione dei cavi di precompressione che è stata realizzata, in un unico intervento, a 14 giorni dal getto della seconda tappa del solaio sul secondo piano. Considerando gli spessori e il numero di livelli contenuti da sorreggere la puntellazione è stata eseguita con materiale convenzionale. Gli ancoraggi mobili della precompressione sono stati posti leggermente rientrati rispetto al bordo della soletta in modo che venissero poi nascosti dal getto del parapetto che coro-



**Fig. 9**

Vista del cantiere durante la posa dell'armatura del solaio sul secondo piano.

**View of the construction site during the laying of the slab reinforcement on the second floor.**

(© Studio Milesi)

rangements other than keeping the cantilevered parts propped up until the tensioning and injection of the prestressing cables, which was carried out in a single operation 14 days after the concreting of the second section of the slab over the second floor. Considering the thickness and the low number of levels to be supported, the shoring was executed with conventional material. The anchors for the prestressing were placed slightly recessed relative to the edge of the slab so that they would then be hidden by the casting of the parapet crowning the second level and entirely covering its recess.

The concrete used for the construction of the entire structure is vibrated concrete with a strength class of C30/37 and a maximum aggregate size of 32 mm. The average reinforcement amount is 150 kg/m<sup>3</sup> to which must be added 1 kg/m<sup>3</sup> of prestressing. All the formwork of the exposed concrete surfaces has been covered with rough sawn fir boards 162.5 mm high and to avoid remnants in the formwork pattern, in elevation, all the elements heights are a multiple of the size of the boards.

na il secondo livello e che ne copre interamente la nicchia.

Il calcestruzzo utilizzato per la costruzione dell'intera struttura portante è un calcestruzzo vibrato con una classe di resistenza C30/37 e con una granulometria massima degli inerti di 32 mm. Il tasso d'armatura lenta complessivo è di 150 kg/m<sup>3</sup> ai quali s'aggiunge meno di 1 kg/m<sup>3</sup> di armatura da precompressione. Tutti i casseri delle superfici facciavista sono stati rivestiti con delle tavole segate grezze di abete alte 162,5 mm e per evitare dei resti nel disegno del cassero, in elevazione, tutti gli elementi hanno una dimensione multipla di quella delle tavole.

#### Autori/Authors

**Andrea Pedrazzini**  
Ing. civile dipl. ETHZ SIA OTIA

**Eugenio Pedrazzini**  
Ing. civile dipl. ETHZ SIA OTIA

**Roberto Guidotti**  
Dr Ing. civile dipl. EPFL SUP OTIA

ingegneri pedrazzini guidotti sagl  
CH-6900 Lugano  
ingegneri@ing-ppg.ch

#### Committente/Owner

Casa Anziani II dei Comuni di Leventina – Fondazione Elena Celio,  
Giornico

#### Impresa/Contractor

Mafledil SA, Osogna

#### Architetti/Architects

Nicola Baserga e Christian Mozzetti  
architetti, Muralt

**Ingegnere civile/Civil engineering**  
ingegneri pedrazzini guidotti,  
Lugano

**Direzione lavori/Site management**  
Studio d'architettura Milesi Gabriele  
e Fabio SA, Agno

# Extension du siège d'une organisation mondiale à Genève

## The extension of the headquarters of an international organization in Geneva

Neven Kostic

### Introduction

Ce projet concerne l'extension du bâtiment principal d'une organisation mondiale située à Genève. Il vient s'implanter à l'Est de celui-ci, réalisé en 1966 par l'architecte Jean Tschumi. L'extension est composée de deux bâtiments en béton armé, reliés entre eux de manière monolithique: une tour ainsi qu'un socle à sa base. La tour de bureaux, de forme cubique, est constituée de neuf étages, de trois sous-sols et d'un atrium central (Fig. 1). Ce dernier, dont l'orientation spatiale varie d'un étage à l'autre, forme le cœur du bâtiment et vient se terminer par une grille de poutres en toiture. Le socle crée, quant à lui, la liaison avec le bâtiment existant (Fig. 2).

### Introduction

This project concerns the extension of the main building of an international organization in Geneva, designed by architect Jean Tschumi in 1966. The extension is composed of two monolithically connected buildings, an office tower, and an annex in the base. The office tower, shaped as a cube, consists of 9 floors and 3 basements (Fig. 1). The tower atrium, whose spatial orientation varies from one floor to another, acts as the courtyard of this building and is finished with a grid of beams on the top. The connection with the existing building is made by the annex which houses the common spaces and constitutes the new centre of the complex (Fig. 2). The

Il contient les espaces communs ainsi que la salle de restaurant, et est caractérisé principalement par ses trois imposants piliers qui soutiennent une dalle plissée.

### Structure porteuse

La structure porteuse prend comme référence la structure du bâtiment de Jean Tschumi. Cette dernière est caractérisée par un socle dominant, un rez-de-chaussée libre ainsi qu'une superstructure constituée de colonnes massives et de dalles nervurées en porte-à-faux. Ces éléments sont utilisés comme référence dès la phase de concours du projet d'extension, dans lequel la continuation du sous-sol ainsi qu'un rez-de-chaussée libre sont des parties

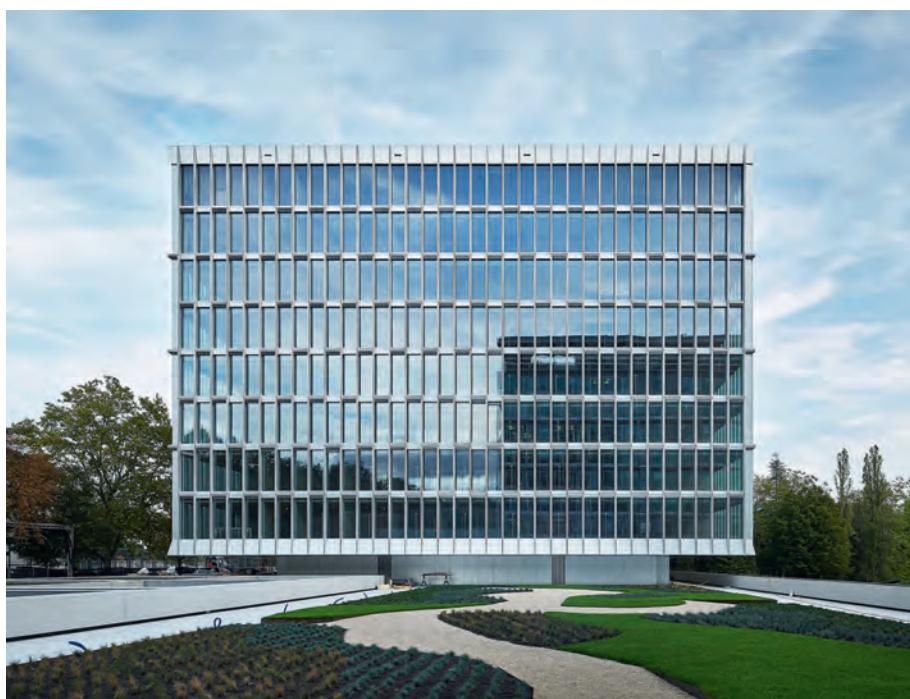
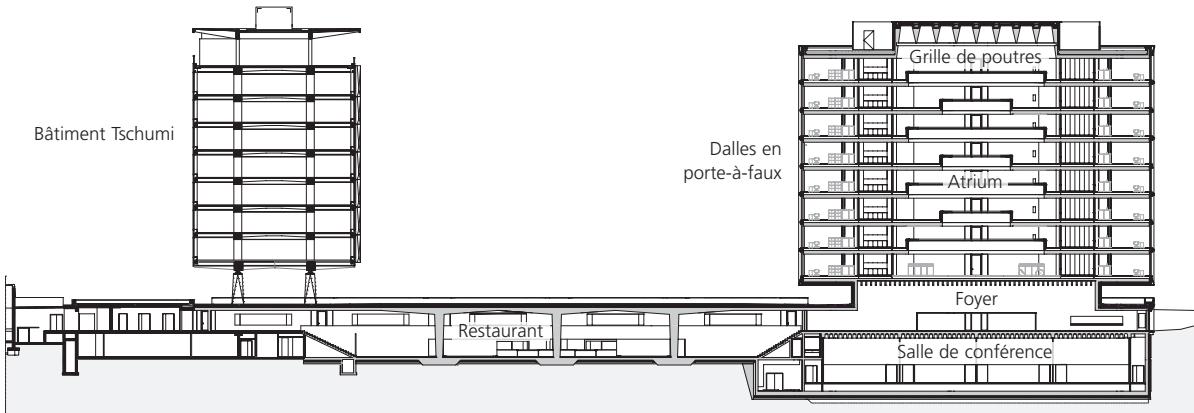


Fig. 1  
Vue extérieure du bâtiment.  
Exterior view of the building.  
(© Damian Poffet)



**Fig. 2**

Section du bâtiment, le bâtiment existant se trouve à gauche.

Section of the building, the existing building is on the left.

restaurant space in the annex with a folded slab contains 3 imposing pillars forming the courtyard of this connection to the existing building.

## Structure

The structure is influenced by the existing structure of Jean Tschumi's building, which is characterized by a dominant annex, a free ground floor, and a vertical structure on massive columns on which the ribbed cantilevered slabs are placed. Already in the competition phase of the extension project, the existing architectural topologies such as dominant annex and free ground floor were integrated in the new design.

The cubic structure of the new building which entirely consists of reinforced concrete, is composed of 4 continuous cores through all floors. Placed over 9 floors the 44-metre-wide and 45-centimetre-thick square slabs connect all vertical cores together. Their 6.5-meter cantilevers span over the edges of the building to extend up to 9.2 metres into the corners of the building. To ensure the counterbalance of the slabs in the façade, their cantilever in the inside atrium is up to 6.5 metres. The prestressing of each slab consists of 58 to 62 cables with 10 T15s strands of steel grade Y1860S7-15.7. The cables run mainly straight and are laid in a

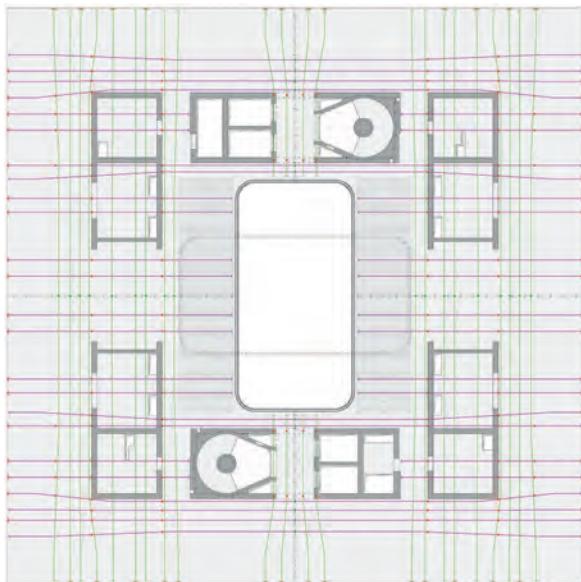
essentielles du nouveau design. En partant de cette base, la structure de la tour, entièrement faite de béton armé, est composée de quatre noyaux continus sur tous les étages. Sur neuf de ces étages, les planchers-dalles carrés (44 m de large et 45 cm d'épaisseur) lient tous les noyaux verticaux entre eux. Leurs porte-à-faux de 6,5 m sur les bords du bâtiment s'étendent jusqu'à 9,2 m aux angles. Pour assurer le contrebalancement de ces dalles, leur porte-à-faux dans l'atrium s'étendent jusqu'à 6,5 m. Chaque dalle est précontrainte par 58 à 62 câbles, composés de dix torons de qualité Y1860S7-15.7. Leur tracé est principalement rectiligne et a été réalisé par le biais de gaines métalliques plates de 130 x 35 mm (Fig. 3). Des têtes métalliques ont également été disposées pour assurer la résistance au poinçonnement aux quatre angles du bâtiment. Une partie des câbles électriques, ainsi que le système de chauffage et de refroidissement de type TABS, ont également été incorporés dans les dalles avant la pose de la précontrainte.

Au-dessus de l'atrium, une grille de poutres orthogonales de section triangulaire forme, par son aspect élancé, le couronnement du bâtiment. Il crée une grande perméabilité qui permet à la lumière naturelle de se répandre à l'intérieur, et offre en plus de

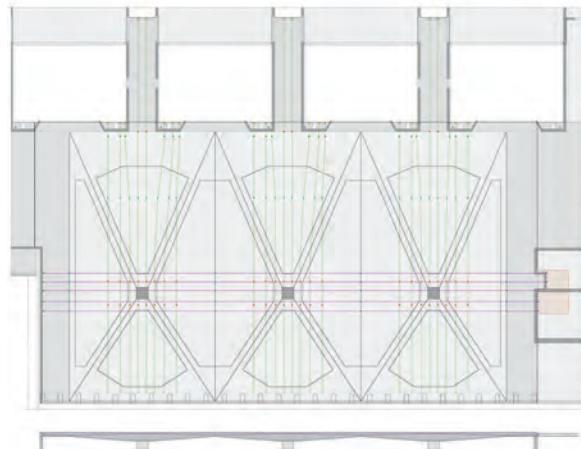
flat metal sheathing duct of 130 x 35 millimetres (Fig. 3). Four metal heads per slab are arranged at the end of the core in four corners of the building to ensure their resistance against punching. Part of the electrical cables and the TABS system for the heating and cooling of the building are installed directly in the slabs before the installation of the pre-stressing.

Above the atrium, a grid of orthogonal beams with a triangular cross-section creates the void for natural light and defines with its slender appearance the crowning of the building. The chosen cross-section also offers generous accessibility for roof maintaining works. The grid was developed with a 20 metres span. It is supported bi-directionally at its ends on the atrium walls. Due to the sufficient static height of 1.85 metres, the roof was conventionally made of reinforced concrete without any prestressing. The important weight of this grid also contributes to the balance of the cantilevered slab of the top floor of the building.

On the ground floor and in the basements, the building's cores are arranged around a foyer and a conference room, placed one above the other. The slabs of these rooms span 20 metres thanks to ribbed slabs with ribs from 15 to 22 centimetres thick.



**Fig. 3**  
Concept de précontrainte, dalle en porte-à-faux de la tour.  
**Prestressing concept, cantilever slab of the tower.**



**Fig. 4**  
Concept de précontrainte, dalle de restaurant avec trois colonnes.  
**Prestressing concept, restaurant slab with three columns.**

cela de larges accès pour l'entretien des ouvrages. Elle a été conçue pour offrir une portée de 20 m. La grille de poutres s'appuie bidirectionnellement à ses extrémités, sur des voiles. Grâce à sa hauteur statique de 1,85 m, la toiture a pu être bétonnée de manière conventionnelle, sans précontrainte. Son important poids propre contribue également à compenser la dalle en porte-à-faux du dernier étage.

Au rez-de-chaussée ainsi qu'aux sous-sols, les noyaux du bâtiment sont disposés autour d'un foyer et d'une salle de conférence, respectivement, placés l'un au-dessus de l'autre. Les dalles de ces différentes salles ont une portée de 20 m et sont constituées de nervures de 15 à 22 cm d'épaisseur. Les nervures se trouvant sous la salle de conférence ont été spécialement prévues de façon arrondie, pour une hauteur totale de 85 cm seulement. La précontrainte de chaque nervure de cette dalle est composée de 2 câbles de quatre torons T15s de type Y1860S7-15.7. Les câbles ont été posés dans une gaine ronde métallique de 52mm de diamètre. Pour ces deux dalles, une attention particulière a été accordée à la conception des armatures et du coffrage, afin de

The slab under the conference room was specially made with rounded ribs with a total height of 85 centimetres, including the solid part of the slab. The pre-stressing of each rib is composed of 2 cables, which consist of four T15s strands of steel grade Y1860S7-15.7 laid in a round metal sheath with a diameter of 52 millimetres. In order to allow for an easy installation of the pre-stressing cables as well as to ensure adequate concreting afterwards, particular attention was dedicated to the design of the reinforcements and the framework of both slabs.

The annex building is located between the office tower and the existing Tschumi building and has a conventional structure with walls and slabs of different spans. The prominent part of this space is the restaurant with a large folded slab centrally supported by 3 columns and laterally supported by the sidewalls and façade. The largest span of this slab is equal to 16 metres. Its thickness varies from 35 to 140 centimetres between the edges of the slab and the central part at the columns. The pre-stressing of the slab is placed orthogonally with the cables consisting of 10 T15s strands (Fig. 4).

permettre une installation aisée des câbles de précontrainte et, par la suite, un bétonnage adéquat.

Le socle, situé entre la tour et le bâtiment de M. Tschumi, a été construit de manière conventionnelle, à l'aide de murs et de planchers-dalles de différentes portées. L'espace proéminent de cette partie de l'extension est visible au niveau du restaurant : une dalle plissée de grande portée reposant sur trois colonnes et, latéralement, sur les murs latéraux et la façade. La plus grande portée de cette dalle est de 16 m, et son épaisseur varie de 35 cm aux extrémités à 140 cm au niveau des colonnes centrales. La précontrainte de cette dalle est placée de manière orthogonale avec des câbles constitués de dix torons T15s (Fig. 4). Les trois colonnes sur lesquelles repose la dalle plissée avaient pour référence la forme des colonnes du bâtiment existant.

Le bâtiment est posé sur un unique radier, incluant des sur-profondeurs dans les zones les plus sollicitées (sous les noyaux de la tour et sous les colonnes du restaurant). Dans ces zones, aucune isolation sous radier n'a été placée. Le radier de la tour a été pré-

The reference form for the three columns supporting the folded slab, was the form of the existing Tschumi columns.

The building is placed on a foundation plate with over-depths in the areas of high pressures, such as the parts under the cores of the office tower and the restaurant columns in the annex. In these areas, no insulation has been placed below the foundation plate. In the foundation slab of the cubic office tower, prestressing cables consisting of 10 T15s strands were placed in order to reduce the extent of reinforcement and to counteract the swelling forces characteristic of the molassic rock on which the building was erected.

### Construction site

The duration of the reinforced concrete work was 16 months and 26,000 m<sup>3</sup> of concrete were used (Fig. 5 and 6). All the walls, as well as the exposed slabs, were built

constraint par des câbles de dix torons T15s afin de diminuer la quantité d'armature et s'opposer aux forces de gonflement de la molasse sur laquelle le bâtiment a été fondé.

### Chantier

La durée du chantier pour les travaux en béton armé a été de 16 mois, durant lesquels 26 000 m<sup>3</sup> de béton ont été utilisés (Fig. 5 et 6). Tous les murs ainsi que les dalles apparentes ont été réalisés avec des coffrages de type 3.1.4 et 4.1.4, selon la norme SIA 118/262. Pour éviter des joints de bétonnage visibles, certains murs ont été bétonnés sur une hauteur de 2 à 3 étages. Pour cette même raison, les noyaux de la tour ont été coulés en une seule étape. Grâce au travail effectué en parallèle sur les murs et dalles des étages adjacents, trois semaines de travail seulement ont été nécessaires pour la construction d'un étage de la tour. Pour chaque quart de

**Maître d'ouvrage/Owner**  
Une organisation mondiale, Genève  
**Architecte/Architect**  
Berrel Berrel Kräutler AG, Zurich  
**Ingénieurs civils/Civil engineering**  
Dr. Schwartz Consulting AG, Zoug  
Dr. Neven Kostic GmbH, Zurich  
Dr. Vollenweider AG, Zurich

**Entreprises de construction/Contractors**  
Implenia Suisse SA, L'entreprise générale, Onex, D'Orlando SA, Vésenaz  
**Achèvement/Completion**  
2020

according to code SIA 118/262, with 3.1.4 and 4.1.4 type of formwork. To avoid visible concrete joints, some walls were concreted over a height of 2 and 3 floors, while the cores were concreted in one piece. Thanks to the work done at once on the walls and slabs in the adjacent floors, only three weeks of work were required for the construction of a tower floor. For each quarter slab of the tower, 200 m<sup>3</sup> of concrete had to be pumped.

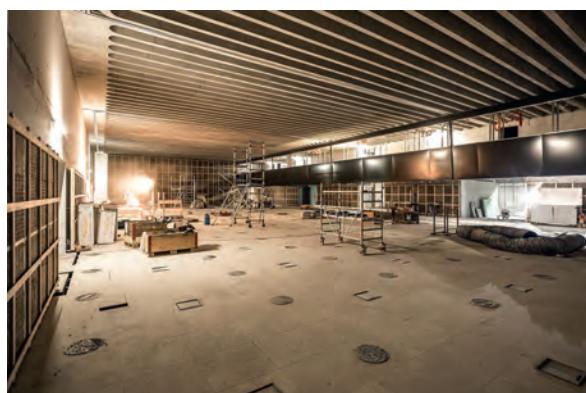
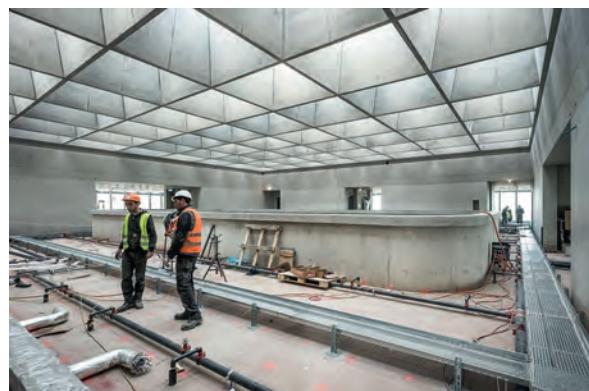
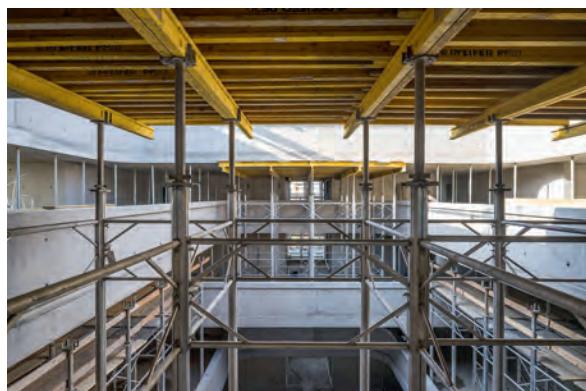


Fig. 5

Intérieur du bâtiment, chantier (atrium, grille de poutres, salle de conférence, dalle de restaurant).

Inside of the building, building site (atrium, grid beams, conference room, restaurant slab).

(© Maxime Vermeulen)

dalle de la tour bétonnée, 200 m<sup>3</sup> de béton ont dû être pompés. Durant la construction, les dalles en porte-à-faux ont servi de base de coffrage pour le bétonnage des nouvelles dalles. La charge du béton frais d'une dalle était ainsi supportée par trois dalles inférieures en porte-à-faux. Les déformations de coffrage en bord de dalle, dues à la charge du béton frais sur les porte-à-faux inférieurs, ont été compensées par des contre-flèches.

Pour la réalisation des espaces de grande hauteur, fréquemment présents dans ce bâtiment, les étayages à tour ont été utilisé. Pour le couronnement de l'atrium, des poutres provisoires en acier ont été utilisées pour permettre le coffrage de la grille de poutres qui se trouve, elle, dans le vide. Le montage des façades s'est effectué en parallèle du bétonnage des dalles.

## Contributions techniques

Plusieurs solutions techniques proposées et utilisées pour la construction de ce bâtiment peuvent être intéressantes pour la communauté technique. Premièrement, pour éviter la construction d'un vide sanitaire ou d'un radier capable de reprendre les forces de gonflement de la molasse estimées par les géologues à 200 kN/m<sup>2</sup>, le radier repose dans les zones critiques sur une isolation EPS très souple. Cette isolation peut compenser le gonflement de la mo-

**The tower's cantilevered slabs served as the formwork base for the concreting of the new upper floors' slabs and their load. Therefore, the load of the fresh concrete was supported each time by three cantilevered slabs underneath. Formwork deformations at the slab edge (due to the fresh concrete load on the cantilevered slabs underneath), were compensated for with the formwork's camber.**

**To create the many spaces with considerable height, shoring towers were used. For the concreting of the beam grids above the atrium void, temporary steel beams were used. The assembly of the façades was carried out simultaneously with the concreting of the cantilever slabs.**

## Technical contributions

**Several technical solutions proposed and used in this construction may be of interest to the engineering community. First, to avoid either the construction of a separation void or a foundation slab capable of taking up the swelling forces of the molassic rock (estimated by geologists to be of 200 kN/m<sup>2</sup>), the foundation slab is in critical points placed on a very flexible EPS insulation. This insulation, in the zones without superstructure, can compensate the swelling of the molasse and thus reduce the swelling pressure on the foundation plate. The building, with a total length of**

143 m, a été construit sans joint de dilatation. Du béton C30/37 composé de ciment Optimo 4 et une armature minimale pour les exigences normales en matière de fissuration (selon la norme SIA 262) ont été suffisants pour maîtriser complètement les fissurations de la longue dalle. Pour estimer si la fissuration des dalles en porte-à-faux allait se produire, la résistance en traction du béton par flexion a été utilisée dans les calculs. Ces dalles, fortement sollicitées par le poids du béton frais pendant la phase de construction, sont restées non-fissurées, comme prévu. Pour compenser la déformation des porte-à-faux due au poids propre des façades, la relâche de l'effet du fluage dû à l'annulation de la charge de bétonnage des dalles supérieures a été utilisée.

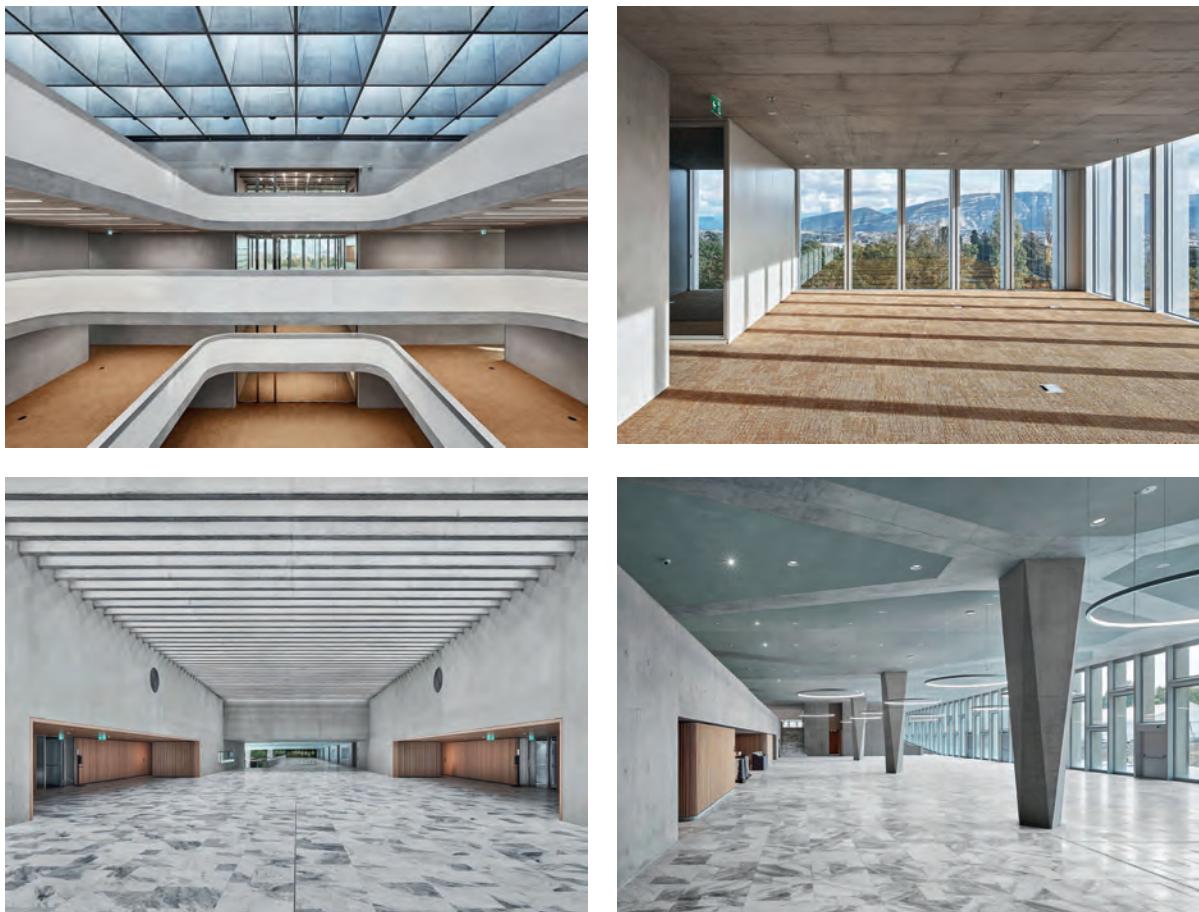
## Conclusion

La contribution du projet présenté se reflète non seulement à travers la qualité et la quantité des ouvrages structurels de ce bâtiment, mais elle illustre également le potentiel grandissant des dalles plates de grandes portées (Fig. 7). Ce type de dalles est déjà fortement utilisé dans d'autres systèmes statiques (dalles de transition), par exemple pour des structures en bois.



Fig. 6

Chantier, vue extérieure.  
Construction site, exterior view.  
(Photo: construction site camera)



**Fig. 7**

Intérieur du bâtiment final (atrium avec grille de poutres, dalle en porte-à-faux, foyer, dalle de restaurant).

**Interior of finished building (atrium with grid beams, cantilevered slab, foyer, restaurant slab).**

(© Damian Poffet)

143 metres, was constructed without expansion joints. C30/37 concrete made of Optimo 4 cement was used and minimum reinforcement for the normal cracking requirements, according to code SIA 262, was completely sufficient to control the cracking of the long slab. To estimate whether cracking of the cantilevered slabs would occur, the tensile strength in bending of the concrete was used in the calculations. These slabs, heavily loaded by the weight of fresh concrete during the construction phase, remained uncracked, as expected. To compensate for the deformations of the cantilevers due to the façade's weight, the creep recovery effect stemming from the removal of the fresh concrete load of the upper slabs was used.

À l'avenir, ce système pourra également être utilisé comme structure à haute performance, pouvant perdurer à travers plusieurs siècles. Un tel système sera capable de reprendre aussi bien les sollicitations de structures temporaires que celles de durée normale, et ainsi de servir comme véritable « backbone » [1].

#### Auteur/Author

**Neven Kostic**  
Dr sc. EPFL ing. Polimi SIA  
Dr. Neven Kostic GmbH  
CH-8002 Zurich  
mail@drnk.ch

#### Littérature/Literature

[1] TEN et Neven Kostic, Holliger Tower, Bern, 2021

## Conclusions

The contribution of the presented project is reflected by the quality and quantity of engineering structures within one building and also illustrates the increasing potential of big span flat slabs (Fig. 7). These types of slabs are already widely used as transition slabs of other static systems, e.g. timber systems. In the future this system could be used as a high-performance structure with a durability of several centuries. It is capable of withstanding the loads of temporary structures of normal durability and is also easy to recycle and reconfigure over time in accordance with the technical needs of contemporary buildings [1].

# GRID: Strukturelle Fassade, spektral geplant

## GRID: Structural façade, spectrally planned

Nico Ros, Ana Maria Eigenmann, Katja Fiebrandt

### Einleitung

GRID, kurz für Grand Réseau d’Innovation et de Développement, ist ein Vorzeigeprojekt für spektrale Planung. Spektrale Planung bedeutet für uns Denken und Planen eines Bauwerks als Ganzes, Ästhetik und Konstruktion als Einheit, denn die gesamtheitliche Betrachtung fördert Effizienz und Qualität. Das Gebäude wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Architekt und Ingenieur von der Fassade her konzipiert, um Effizienzen und Kosten des Gebäudes mit dem gewünschten architektonischen Ausdruck zu verbinden. Hierfür galt es eine Fassade zu entwickeln, die im Sinne der spektralen Planung möglichst viele Funktionen vereint. So liess sich dabei der Materialeinsatz reduzieren, was zusammen mit der hohen Lebensdauer auch aufgrund der flexiblen Nutzungsmöglichkeiten zu einer nachhaltigen Lösung führte.

### Introduction

GRID, the abbreviation for Grand Réseau d’Innovation et de Développement, is a showcase project for spectral planning. For us, spectral planning means thinking and planning a building as a whole, with the aesthetics and structure as one, because a holistic approach improves efficiency and quality. With the façade as the starting point, the building was designed in close cooperation between architect and engineer, so as to bring together the building’s efficiencies, the costs, and the desired architectural expression. The task was to develop a façade that fulfils as many functions as possible, in keeping with the concept of spectral planning. This made it possible to reduce the amount of material used, which, together with the long service life and flexible usage options led to a sustainable solution.

### Überblick

Das Gewerbegebiet entlang dem Hegenheimermattweg in Allschwil am westlichen Stadtrand von Basel hat sich in den letzten 20 Jahren zu einer globalen Drehscheibe für innovative Unternehmen aus den Bereichen Pharma, Medizin und Forschung entwickelt. Auf dem BaseLink-Areal, einem ehemaligen Kleingartengelände, das an den bestehenden Tech and Life Science Cluster grenzt, wird im Sommer 2022 das Projekt GRID als Switzerland Innovation Park Basel Area Main Campus bezogen.

GRID bietet den künftigen Mietern ca. 50 000 m<sup>2</sup> Nutzfläche, angeordnet um einen grossen Innenhof, der über zwei zweigeschossige Durchgänge auf den Längsseiten des Komplexes erschlossen wird. In den Ecken des Hofs bilden vier identische Treppenhäuser die Gebäudezugänge, durch die jedes Geschoss bis zu acht Hauptmieter aufnehmen kann (Fig. 1, 2).

Das Gebäude besteht aus einem Untergeschoss für Lager und Technik, dem Erdgeschoss für Kleingewerbe, Gastronomie und öffentliche Nutzungen, vier Obergeschossen mit Büro- und Laborflächen und dem Dach mit Technik und begrünter, nicht begehbarer Fläche. Der Neubau ist in zwei Etappen im veredelten Rohbau erstellt. Der trapezförmige Grundriss mit Aussenmassen von max. 165,5 x 109 m weist einen regelmässigen Raster von 7 x 7 m auf. Die Tragstruktur ist robust und dauerhaft auf eine Nutzungsdauer von 75 Jahren ausgelegt.

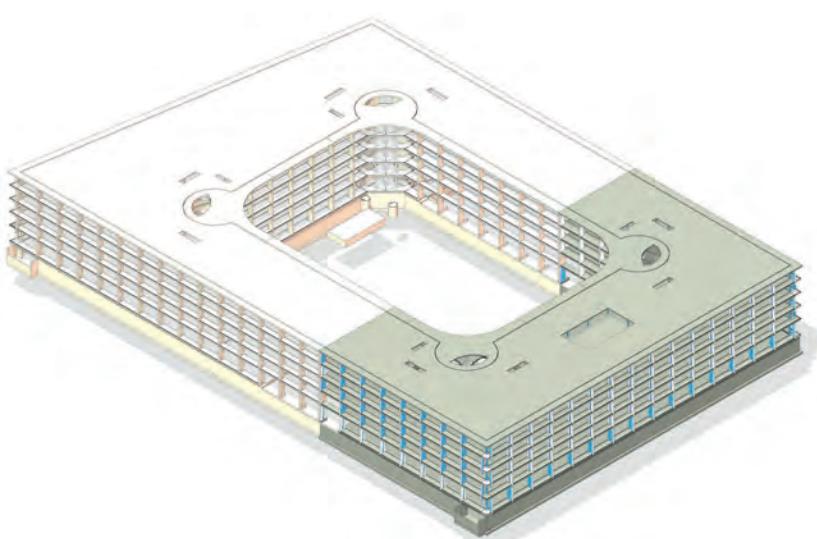


Fig. 1

Isometrie des GRID. Die Farben weisen auf die zwei voneinander unabhängigen Rohbauetappen hin, die bezüglich Erdbeben und Brand getrennt sind.  
Isometry of the GRID. The colours indicate the two independent shell construction stages, which are separated in terms of earthquake and fire.

### Architektur und Tragwerk

Das Gebäude wurde in enger Zusammenarbeit zwischen Architekt und Ingenieur von der Fassade her konzipiert. Diese



Fig. 2  
Erster Blick auf GRID nach dem Abbau des Gerüsts.  
First view of GRID after dismantling the scaffolding.

## Overview

Over the past 20 years, the commercial zone along the road Hegenheimermattweg in Allschwil on the western outskirts of Basel has developed into a global hub for innovative companies in the pharmaceutical, medical and research sectors. On the BaseLink site, a former allotment-garden area adjoining the existing Tech and Life Science Cluster, the GRID project will be completed in summer 2022, as the Switzerland Innovation Park Basel Area Main Campus.

GRID offers the future tenants around 50,000 m<sup>2</sup> of usable space, arranged around a large inner courtyard, which is accessed via a pair of two-storey-high passages through the complex's two long sides. In the corners of the courtyard, the building is entered via four identical stairwells, which allow each floor to accommodate up to eight main tenants (Fig. 1, 2).

The building comprises a basement floor for storage and technical facilities, a ground floor for small businesses, gastronomy, and public spaces, four upper floors for office and laboratory spaces as well as a top floor with technical facilities and a greened non-accessible area. The new structure has been built in 2 stages as an enhanced building shell. The tra-

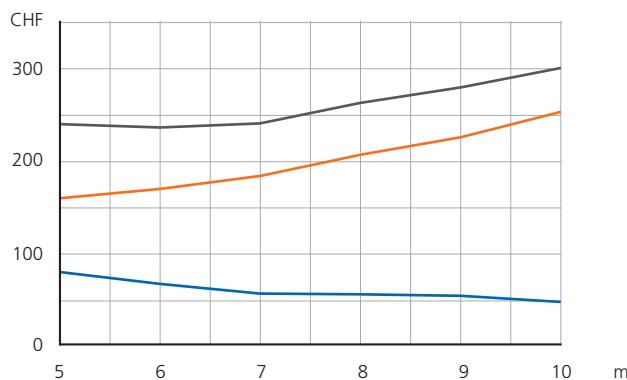
wurde so entwickelt, dass sie im Sinne der spektralen Planung möglichst viele Funktionen vereint: Witterungs- und Sonnenschutz, Fluchtweg sowie horizontaler und vertikaler Lastabtrag. Dafür mussten die verschiedenen Rahmenbedingungen zusammengebracht werden. Die Fluchtwegnutzung gab die Breite der Balkone vor. Für die Dimension der Schotten waren zwei gegenläufige Effekte massgebend: Für die Tragsicherheit im Erdbebenfall mussten die Erdbebenkräfte auf das Minimum reduziert werden, daher sollten die Schotten so weich wie möglich sein. Für die Gebrauchstauglichkeit musste die Weichheit der Schotten auf die maximal zulässige Verformung limitiert werden. Und um zu erreichen, dass das Gebäude mit dem spektral geplanten Fassadentragwerk kosteneffizenter ist als ein konventionelles Gebäude, musste auf Bauteile und damit Kosten eines konventionellen Tragwerkes verzichtet werden – Kerne und innenliegende Fassadenstützen entfielen. Die Fassade verbindet alle technischen Anforderungen und gibt dem Gebäude seinen architektonischen Ausdruck. Die tiefe, gitterartige Struktur aus Ortbeton nimmt die vertikalen Lasten auf, steift das Gebäude horizontal aus und reduziert so die Tragele-

pezoidal floor plan with dimensions of about 165.5 m (max.) by about 109 m follows a regular 7 x 7 m grid. The load-bearing structure is robust and designed to last for a lifetime of 75 years.

## Architecture and structure

With the façade as the starting point, the building was designed in close cooperation between architect and engineer, so as to bring together the building's efficiencies, the costs, and the desired architectural expression. The task was to develop a façade that fulfills as many functions as possible, in keeping with the concept of spectral planning: protection from the weather and sun, escape route as well as horizontal and vertical load transfer. This meant addressing the various framework conditions collectively. The intended use as an escape route defined the width of the balconies, and the dimensioning of the partitions was influenced by two opposing effects: For structural safety in the event of an earthquake, seismic forces had to be minimised, so the partitions had to be as pliant as possible. For the partitions to be fit for purpose though, their pliancy had to be within certain limits, so as not to exceed the maximum permissible deformation. And in order to achieve that the building with the spectrally planned façade structure was more cost-efficient than a conventional building, components and thus costs of a conventional structure such as cores and internal façade columns had to be dispensed with.

The façade meets all technical requirements and gives the building its architectural expression. The deep lattice-like structure made of in-situ concrete absorbs the vertical loads and braces the building horizontally, thus reducing the number of internal bearing elements and making the usable areas larger and more flexibly divisible. Balconies are formed by the projecting façade, providing escape routes, access, and sun protection. The floor plan, support grid and room heights are



**Fig. 3**  
Kostenuntersuchung Spannweite. Grau: Gesamtkosten inkl. Decke und Stützen; orange: Kosten pro m<sup>2</sup> Decke; blau: Anteil Kosten Stützen pro m<sup>2</sup>.  
Cost study span widths. Grey: total cost incl. floor slab and columns; orange: cost per m<sup>2</sup> floor slab; blue: share of cost columns per m<sup>2</sup>.

mente im Inneren, wodurch die Nutzflächen grösser und flexibel einteilbar sind. Durch die auskragende Fassade entstehen umlaufende Balkone, die als Fluchtweg, Zugang und Sonnenschutz dienen. Grundriss, Tragraster und Raumhöhen sind für Büro- und Labornutzungen optimiert.

### Kostenrelevanz von Spannweiten

GRID wurde über die Fassade hinaus weiter optimiert, denn ein optimal als Büro- und Laborgebäude nutzbarer Neubau muss möglichst flexibel sein. Schlanke Geschossdecken und die Möglichkeit, Stützen mit geringem Aufwand abzufangen und so einen zweigeschossigen Raum zu erstellen, tragen dazu bei. Folglich wurde auch für den Stützenraster das Kostenoptimum gesucht, zwischen einem engen Raster mit vielen Stützen bei geringer Deckenstärke und einem grossen Raster mit wenigen Stützen und grosser Deckenstärke. Hierfür wurde der Zusammenhang von Kosten, Spannweite, Deckenstärke und Stützenanzahl untersucht, mit dem Resultat, dass ein Raster von 7 x 7 m optimal und kosteneffizient für das GRID ist (Fig. 3).

### Erdbebenaussteifung

Um mit einer möglichst ökonomisch effizienten Tragstruktur

designed for office and laboratory use.

### Cost relevance of span widths

Beyond the façade GRID was further optimised, because for optimal use of the new structure as an office and laboratory building, it must be as flexible as possible. Slim floor slabs and the possibility of easily bracing columns to create a two-storey space contribute to this. Consequently, the most cost-efficient optimum was also sought for the building's column grid, between a dense grid with low slab thickness and many columns, and a sparse grid with few columns and deep slab thickness. For this purpose, the relationship between costs, span width, slab thickness and number of columns was studied, with the result that a 7 x 7 m grid was found to be the optimal and most cost-efficient solution for GRID (Fig. 3).

### Earthquake-proofing

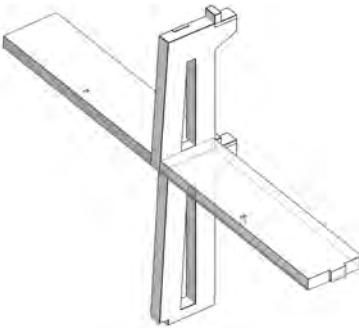
In order to guarantee sufficient earthquake resistance in compliance with the SIA standard while using the most economically efficient structure possible, two opposed earthquake-resistance concepts were compared for cost efficiency. Rigid structures have low deformation capacity and attract loads, the rigid variant

eine Erdbebensicherheit gemäss der SIA-Norm zu gewährleisten, wurden zwei gegensätzliche Erdbebenkonzepte hinsichtlich ihrer Kosteneffizienz verglichen. Starre Tragstrukturen haben ein geringes Verformungsvermögen und ziehen Lasten an, die starre Variante sah Kerne zur Aussteifung vor. Weiche Strukturen haben ein hohes Verformungs- und Energiedissipationsvermögen, die weiche, bewegliche Variante sah Tragschotten vor.

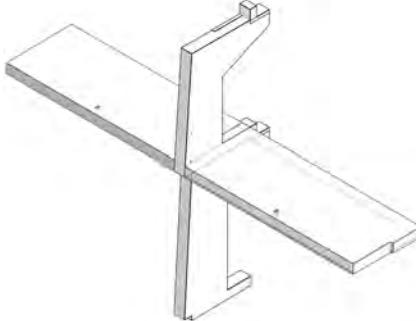
Die Kosten von verschiedenen Typen von Erdbebenwänden – ob in einem Kern, als Wandscheiben oder als Schotten erstellt – sind praktisch identisch. Beim GRID werden für die weiche Variante (Schotten) über 40 % weniger an Erdbebenwand benötigt als bei der starren Variante (Kerne), was aus einer Reduktion der Erdbebenkräfte um den Faktor 4 resultiert. Die Kosten für die Aussteifung können so bei gleicher Gebäudegrösse um rund 40 % reduziert werden. Der Vergleich der verschiedenen Erdbebenkonzepte und Mischformen ergab als kosteneffizienteste Variante die strukturelle Fassade mit zusätzlich aktivierten, einzelnen Scheiben der aus Nutzersicht erforderlichen Liftschächte.

### Schotten

Die im kalten Bereich angeordneten Fassadenschotten dienen



**Fig. 4**  
Vierendeel-Schotten Aussenfassade mit Balkonplatten.  
*Vierendeel partitions at exterior façade with balcony slabs.*



**Fig. 5**  
Wandschotten Innenfassade mit Balkonplatten.  
*Partitions at interior façade with balcony slabs.*



**Fig. 6**  
Kopf der Schotten an der Aussenfassade.  
*Head of the partition, exterior façade.*

envisioned cores for bracing. Pliant structures have a high capacity for deformation and energy dissipation, the pliant, movable variant envisaged partitions.

The costs of various types of earthquake-resistant wall, be it constructed in a core, as shear walls or as partitions, are virtually identical. For GRID, the pliant variant (partitions) required over 40% less earthquake-resistant wall than the rigid variant (cores) would, due to a reduction in seismic forces by a factor of 4. This enabled an approximately 40% reduction in bracing costs for the same building size. Comparison of the different earthquake-resistance concepts and mixed forms showed that the structural façade with additionally activated individual shear walls in the lift shafts, which are required by the occupants, was the most cost-efficient.

## Partitions

The façade partitions, situated in the cold area, not only provide horizontal bracing, but also cost-effectively bear the vertical forces of the slabs in the warm area, without expensive thermal seals. The outer façade's partitions each comprise two parts and are designed as Vierendeel supports. The two supports in this Vierendeel system have an effective cross-section under static loading of

nicht nur der horizontalen Aussteifung, sondern auch als Auflager für den vertikalen Lastabtrag der im Warmen liegenden Decken, und das ohne teure thermische Anschlüsse. Die Schotten an der Außenfassade sind zweiteilig ausgebildet und als Vierendeel-Stützen bemessen. Der statisch wirksame Querschnitt der beiden Stützen des Vierendeel-Systems beträgt 40 x 40 cm und 60 x 40 cm. Zwischen den beiden Stützen lagern die Balkonplatten, welche die schwache Achse der Schotten stabilisieren (Fig. 4, 5). Auch bei den Schotten im Innenhof werden die Balkonplatten als Knickhalterungen verwendet. Im EG erfahren die Schotten eine hohe statische Beanspruchung, die ab OG1 schnell abnimmt, weshalb sich die statisch wirksame Breite von 1,40 m im EG auf 1,20 m in den Obergeschossen reduziert (Fig. 6).

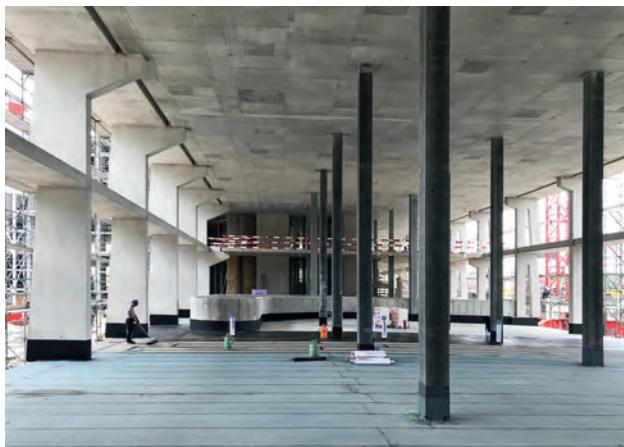
In den Bereichen der beiden zweigeschossigen Durchgänge auf den Längsseiten ist die Decke über EG unterbrochen und die Schotten sind in einer Sonderform in doppelter Höhe ausgebildet. Um die Einheitlichkeit der Fassaden zu gewährleisten, fahren die Balkonplatten durch, wodurch die zweigeschossigen Schotten gegen Knicken und Probleme zweiter Ordnung gesichert sind (Fig. 7, 8). Die leichte Neigung der Vorderseite der Schotten und der Ver-

40 x 40 cm und 60 x 40 cm, respectively. The partitions' weak axis is stabilised by the balcony slabs between each pair of supports (Fig. 4, 5). The balcony slabs are also used as anti-buckling retainers for the partitions in the inner courtyard. On the ground floor the partitions are subjected to high static loading, which decreases rapidly from the 1st floor upwards, so the effective width under static loading is reduced from 1.40 m on the ground floor to 1.20 m on the upper floors (Fig. 6).

In both of the two-storey-high passages through the long sides of the complex, the slab above the ground level is interrupted and the partitions have a special two-storey-high form. To ensure the façade's uniformity, the balcony slabs continue through here, thus securing the two-storey-high partitions against buckling and second-order effects (Fig. 7, 8).

The slight inclination of the fronts of the partitions and the 28 cm

**Bauherrschaft/Owner**  
SENN Resources AG, St. Gallen  
**Tragwerksentwurf und -planung,**  
**Projekt und Bauleitung/**  
**Structural design and planning, project and construction management**  
ZPF Ingenieure AG, Basel  
**Architektur/Architecture**  
Herzog & de Meuron, Basel  
**Fertigstellung/Completion**  
Sommer/Summer 2022



**Fig. 7**  
Durchgang mit zweigeschossigen Schotten.  
Passage with two-storey high partitions..



**Fig. 8**  
Gebäudeecke mit versetzten Fassadenschotten.  
Building corner with staggered façade partitions.

satz um 28 cm betonen die Horizontalen und den Massstab des Gebäudes. Auch an den Gebäudecken zeigt sich das enge Zusammenspiel von Tragwerk und Architektur: Da eine Schotte pro Geschoss für Lastabtrag und Aussteifung ausreicht, konnten die Ecken für den gewünschten architektonischen Ausdruck mit geschossweise versetzten Schotten ausgebildet werden.

### Decken, Balkone, Innenstützen

Die Geschossdecken sind als Flachdecken in Ortbeton erstellt. Die Decke über OG4 weist aufgrund der höheren Auflast eine Stärke von 30 cm auf, alle anderen Decken sind mit 28 cm Stärke ausgeführt. Die Decken sind auf Fassadenkonsolen aufgelegt, die thermisch mit Leichtbeton mit einer Stärke von mind. 10 cm getrennt sind.

Die Balkonplatten laufen als einseitig eingespannte Träger von Schotte zu Schotte rings um die Außen- und die Innenfassade und werden auch als Fluchtweg (innen) resp. für den Gebäudeunterhalt (außen) genutzt. Sie sind thermisch von den Geschosdecken getrennt, weisen eine maximale Stärke von 38 cm auf und sind mit Gefälle nach außen ausgebildet, die Entwässerung erfolgt «über die Schulter» ohne Rinne. Schotten und Balkonplatten sind an einer Seite monoli-

offset emphasise the horizontals and the scale of the building. The close interaction between the structure and the architecture is also evident at the corners of the building: As one partition per floor is sufficient for load transfer and bracing, the corners could be designed with partitions staggered floor by floor for the desired architectural expression.

### Floor slabs, balconies and inner columns

The floor slabs are flat and made of in-situ concrete. The slab above the fourth floor has a thickness of 30 cm because of the higher imposed load, while all other slabs are 28 cm thick. The slabs rest on façade brackets, which are thermally separated by means of LC lightweight concrete with a minimum thickness of 10 cm.

The balcony slabs extend around the outer and inner façades from partition to partition and are also used as escape routes (inner façade), and for building maintenance (outer façade). They are thermally separated from the floor slabs, have a maximum thickness of 38 cm, and are sloped towards the outside. Drainage occurs over the edge, without a gutter. The partitions and balcony slabs are monolithically joined on one side, while on the other side, the slabs are articulated. On the articulated side the balcony slabs are cleanly separated with plastic,

thisch verbunden, auf der anderen Seite liegen die Platten gelenkig auf. Im gelenkigen Auflager sind die Balkonplatten einseitig sauber mit Plastik getrennt, da das Schwindmass der Dehnung infolge Temperatureinwirkung entspricht und so ca. ±1,5 mm pro Feld aufgenommen werden kann. Die Platte ist teilweise auf der Konsole gelagert und durch Schubdorne im Bereich der Schotte in Querrichtung gehalten. Im fixen Auflager sind die Balkonplatten mittels Schraubarmierung eingespannt. Sowohl die eingespannte Seite als auch die Schubdorne gewährleisten die Stabilität der Schotten. Die Innenstützen im Raster von 7 x 7 m antworten in Material und Querschnittstyp auf die architektonischen und statischen Randbedingungen, entsprechen den minimal nötigen Abmessungen und sind als vorfabrizierte Schleuderbetonstützen ausgeführt.

### Treppen

Die runden Treppenhäuser in den Ecken des Innenhofs liegen im ungedämmten, kalten Bereich und sind sowohl thermisch als auch statisch vom Gebäude getrennt. Ursprünglich als Holz-Leichtbau geplant, der die Hauptfunktionen der Treppenhauswände (Dämmung, Brandschutz) elegant löst und das Betongitter der Fassade durchlaufen lässt, waren die Treppenhäu-



**Fig. 9**  
Treppenhaus.  
Staircase.



**Fig. 10**  
Blick nach oben.  
View upwards.

as the shrinkage matches the expansion caused by temperature effects and so about  $\pm 1.5$  mm per section can be absorbed. The slab is partly held by the bracket and by shear connectors in the vicinity of the partition. On the fixed side the slabs are clamped by means of threaded reinforcement. Both the clamped side and the shear connectors guarantee the stability of the partitions.

The inner columns in the 7 x 7 m grid respond in material and the cross-section type to the architectural and static framework conditions, comply with the minimum dimension and are designed as prefabricated spun concrete columns.

## Stairs

As the round stairwells in the corners of the inner courtyard are situated in the non-insulated cold area, they are thermally and structurally separated from the building. Originally planned as lightweight timber structures, allowing the main function of the staircase walls (insulation and fire protection) to be elegantly fulfilled and the façade's concrete lattice to be continued, the stairwells were not relevant to the structural design. However, due to fire safety regulations and for cost reasons, the silo-like walls had to be made of concrete. They are separated from the building above ground, so that the struc-

ture retains its pliant behaviour. The rigid silo walls are used to support the landing between the walls and the façade elements, thus eliminating the need for columns in the stairwells (Fig. 9, 10). The flights of stairs are clamped into the round stairwell walls and act as cantilevers. The landings in the stairwell rest on brackets in the façade partitions and on the silo walls. Their thickness ranges from 35 cm at the edge to 60 cm in the middle. As the maximum permissible deformation is expected to be exceeded despite the considerable thickness, these slabs are designed with a structural superelevation of around 30 mm and are considered taboo zones, likewise the stairwells' roofs.

Die Treppenläufe sind in den runden Treppenhauswänden eingespannt und wirken als Kragträger. Die Podestbrücken sind auf Konsole in den Aussenschotten und auf den Silo-Wänden gelagert und zeigen eine variable Stärke von 35 cm am Rand bis 60 cm in der Mitte. Da trotz dieser grossen Stärke Verformungen jenseits der zulässigen zu erwarten wären, sind sie mit einer konstruktiven Überhöhung von ca. 30 mm ausgebildet und gelten – wie auch die Treppenhausdächer – als Tabuzonen.

Die grosse Flexibilität dieses Tragwerkssystems wird auch bei den Treppenhäusern sichtbar: Da die Fassade die statischen Hauptfunktionen übernimmt, konnte das für die Treppenhauswände vorgesehene Material einfach verändert werden.

The great flexibility of this structural system is also visible in the stairwells: As the façade fulfills the main structural functions, the materials used for the stairwell walls could be changed easily.

### Autoren/Authors

**Nico Ros**  
Dipl. Bauingenieur FH SIA,  
BA Management  
n.ros@zpfing.ch

**Ana Maria Eigenmann**  
Dipl. Bauingenieurin FH SIA, BA Art  
a.eigenmann@zpfing.ch

**Katja Fiebrandt**  
Dipl. Ing Architektin FH  
k.fiebrandt@zpfing.ch

ZPF Ingenieure AG  
CH-4051 Basel

# Gestapelte Betonkuben: Haus Adeline Favre der ZHAW in Winterthur

## Stacked concrete cubes: House Adeline Favre at the ZHAW in Winterthur

Johannes Schindler, Robert Koppitz, Andrea Vernale, Bruno Patt

### Einleitung

#### Ausgangslage

Obwohl seit 1990 auf dem Sulzer-Areal in Winterthur keine Lokomotiven, Turbinen oder Motoren mehr hergestellt werden, ist die industrielle Vergangenheit an den Gebäuden noch deutlich ablesbar. Was 1834 mit der Eröffnung einer Metallgiesserei begann, entwickelte sich innerhalb eines Jahrhunderts zum Zentrum eines weltweit tätigen Konzerns. Eine Restrukturierung der Firma Sulzer in den 1980er-Jahren führte dazu, dass die Tätigkeiten auf dem Sulzer-Areal ab 1990 eingestellt wurden.

Seither findet auf dem 150 000 m<sup>2</sup> grossen Areal ein umfassender städtebaulicher Transformationsprozess statt. In ehemaligen Industriehallen wird mittlerweile Sport getrieben, gelernt, gegessen und gefeiert. 2012 entschied die Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, ZHAW, dass die Halle 52 (Fig. 1), die ehemalige Grossgiesserei, künftig für die

### Introduction

#### Starting position

Although no locomotives, turbines or engines have been manufactured in the Sulzer Area in Winterthur since 1990, its industrial past is still clearly visible on the buildings. What began in 1834 with the opening of a metal foundry, developed into the centre of a globally active corporation within a century. A restructuring of the Sulzer company in the 1980s led to the shutdown of all activities in the Sulzer Area from 1990 onwards.

Since then, a comprehensive urban transformation process has been taking place within an area of approximately 150,000 m<sup>2</sup>. The former industrial buildings are now used for sports, learning, retail and dining. In 2012, the Zurich University of Applied Sciences, ZHAW, decided that Hall 52 (Fig. 1), the former large foundry, should become the main building for the School of Health Sciences. A project competition

Ausbildung der Studierenden des Departements Gesundheit genutzt werden soll. Um ein geeignetes Projekt für den Ersatzneubau zu finden, wurde ein Projektwettbewerb lanciert, den die dsp Ingenieure + Planer AG im Team von pool Architekten gewinnen konnte.

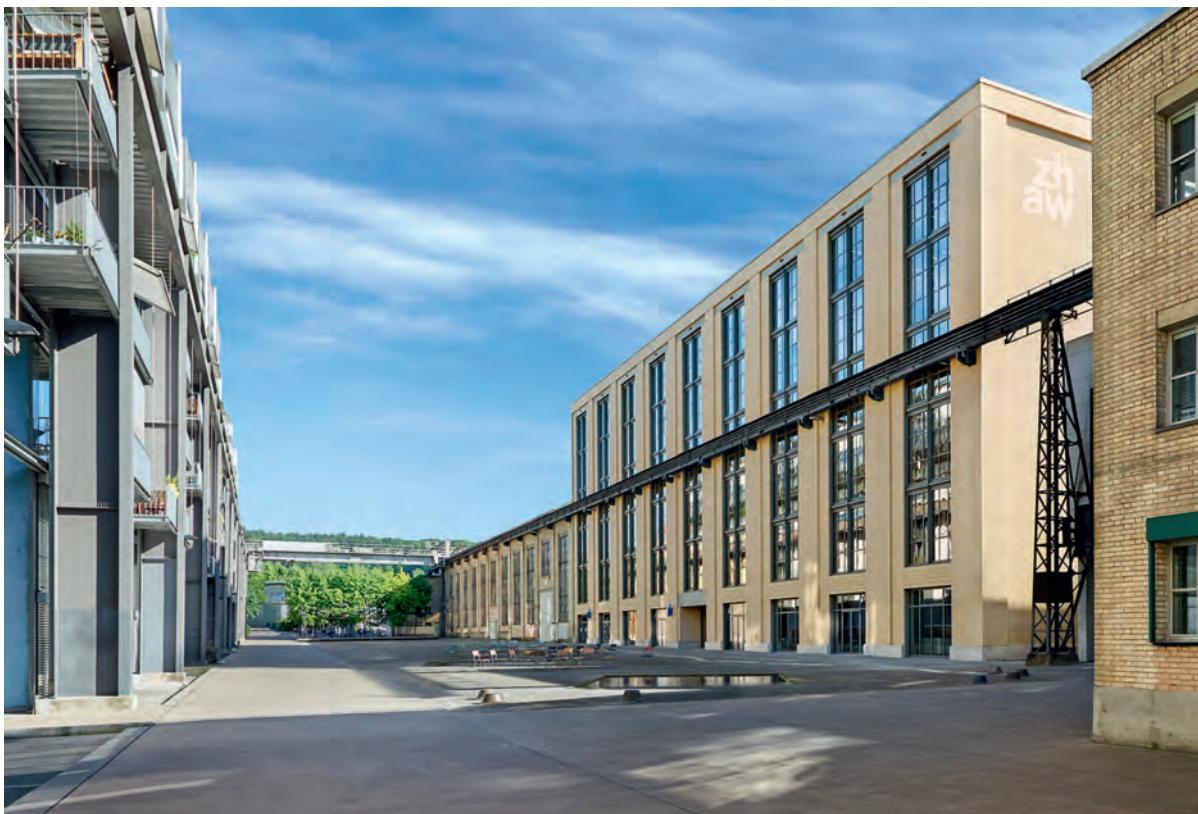
### Architektonischer Ausdruck

Das Haus Adeline Favre, wie die Halle 52 zu Ehren der Schweizer Hebamme neu getauft wurde, fügt sich durch die Grossmassstäblichkeit und den Ausdruck der Klinkerfassade (Fig. 2) nahtlos in den industriellen Charakter des Quartiers ein. Auf zwei unterirdischen und sechs oberirdischen Geschossen bietet es hochwertige und inspirierende Räumlichkeiten für rund 2000 Studierende und 300 Mitarbeitende der ZHAW. Aufgrund der vorgegebenen Grundrissfläche von etwa 50 × 70 Metern stellt das Leiten von Tageslicht in den achtgeschossigen Baukörper eine entwurfsrelevante Fragestellung dar.



Fig. 1  
Schwarzplan Winterthur, rechte Seite: Altstadt, unten links:  
Sulzer-Areal, pink: Halle 52.  
Figure ground diagram of Winterthur with the old town on  
the right and the Sulzer Area on the lower left, pink: Hall 52.

Bauträgerschaft/Owner  
SISKA Immobilien AG, Winterthur  
Nutzer/Occupant  
ZHAW, Departement Gesundheit  
Totalunternehmung/Total contractor  
Implenia Schweiz AG, Zürich  
Architektur/Architect  
pool Architekten, Zürich  
Bauingenieur/Civil engineer  
dsp Ingenieure + Planer AG, Uster  
Baumeister/Building contractor  
Implenia Schweiz AG, Dietlikon  
Vorfabrikation Dachträger/  
Prefabricated roof beams  
Fertigbau Wochner GmbH,  
D-Dormettingen



**Fig. 2**

Aussenperspektive am Katharina-Sulzer-Platz, rechts: Haus Adeline Favre.  
Exterior perspective at Katharina-Sulzer-Platz with House Adeline Favre on the right.  
(© Luca Zanier)

was launched to determine a suitable replacement for Hall 52, which was won by dsp Ingenieure + Planer AG together with pool Architects of Zurich.

#### Architectural expression

House Adeline Favre, as Hall 52 has been renamed in honour of the Swiss midwife, blends seamlessly into the industrial character of the quarter due to its large scale and the expression of the clinker facade (Fig. 2). On two underground and six above-ground floors the building offers high-quality and inspiring space for approximately 2,000 students and 300 ZHAW employees. Due to the floor plan area of approximately  $50 \times 70$  meters, guiding daylight into the eight-story structure presented one of the most challenging design-relevant issues. The building is divided into a circumferential ring area and an inner courtyard, the atrium (Fig. 3). The ring area, which is used

Der Baukörper ist unterteilt in einen umlaufenden Ring und einen Innenhof, das Atrium (Fig. 3). Der Ringbereich, der für Büros, Seminarräume und die Mensa genutzt wird, wird konventionell über die Fassaden belichtet, die Vorlesungssäle im Innenhof dagegen von oben. Die Räume im Innenhof sind hierzu versetzt angeordnet. Dadurch kann Tageslicht vom 5. Obergeschoss bis zum 1. Untergeschoss geführt werden und es entstehen vorgelagerte Terrassen (Fig. 4). Diese dienen als Foyer für die Hörsäle, zum Selbststudium oder als informelle Begegnungsflächen.

#### Tragwerkskonzept

Das Tragsystem im Ringbereich besteht aus 40 cm starken Ort betonflachdecken, die die Lasten nur in eine Richtung abtragen. In den Regelgeschossen sind die Decken auf den entlang der Fassade angeordneten Wandscheiben und den vorfabrizierten Betonstützen

for offices, seminar rooms and the student cafeteria, is conventionally lit from the side, while the lecture halls in the atrium are lit from above. The rooms in the latter have been staggered for this purpose. This principle allows daylight to reach from the 5th floor to the 1st basement level and in addition creates terraces in front of the lecture halls (Fig. 4). These terraces serve as foyers for the lecture halls, informal meeting areas or for self-study.

#### Structural concept

The structural system in the ring area consists of 40 cm thick concrete flat slabs that transfer the loads in one direction only. On the standard floors, the slabs with a span width of 9 m are supported by concrete walls arranged along the facade and by prefabricated concrete columns along the access corridor. Since all walls within the ring are constructed as non-load-bearing room closures, this



Fig. 3

Grundriss 2. OG, blau: Kuben im 2. OG, pink: Kuben im darüberliegenden Geschoss.  
Ground view of 2nd upper floor, blue: cubes of 2nd floor, pink: cubes of floor above.

entlang des Erschliessungskorridors aufgelagert. Die Spannweite beträgt 9 m. Da sämtliche Wände innerhalb des Rings als nichttragende Raumabschlüsse erstellt werden, resultiert für diesen Bereich eine umfassende und nachhaltige Nutzungsflexibilität. Für eine erhöhte räumliche Flexibilität spannt die Decke im Dachgeschoss direkt über knapp 12 m von der Außen- zur Atriumsfassade. Um die Deckenstärke trotzdem auf 50 cm zu begrenzen, wurden die Decken mit parabolisch verlaufenden Spanngliedern vorgespannt.

Die Kuben im Innenhof, die immer wieder versetzt zueinander angeordnet sind (Fig. 4), bestehen aus 35 cm starken geschlossenen Wandscheiben und mehrgeschossigen Vierendeelträgern aus Ort-beton. Zusammengefügt ergibt sich ein spielerisch anmutendes Tragwerk, das die Vertikallasten als dreidimensional wirkender Platten-Scheiben-Stapel effizient abträgt.

Überdacht wird das Atrium von fünfzehn im Werk vorfabrizierten Betonträgern, zwischen denen Oberlichtbänder angeordnet sind.

**results in a comprehensive and long-term flexibility of use in that area.**

On the top floor, the flat slab spans over almost 12 m from the outer facade to the atrium facade to allow increased spatial flexibility. Parabolic post-tensioning tendons were used to limit the slab thickness to 50 cm.

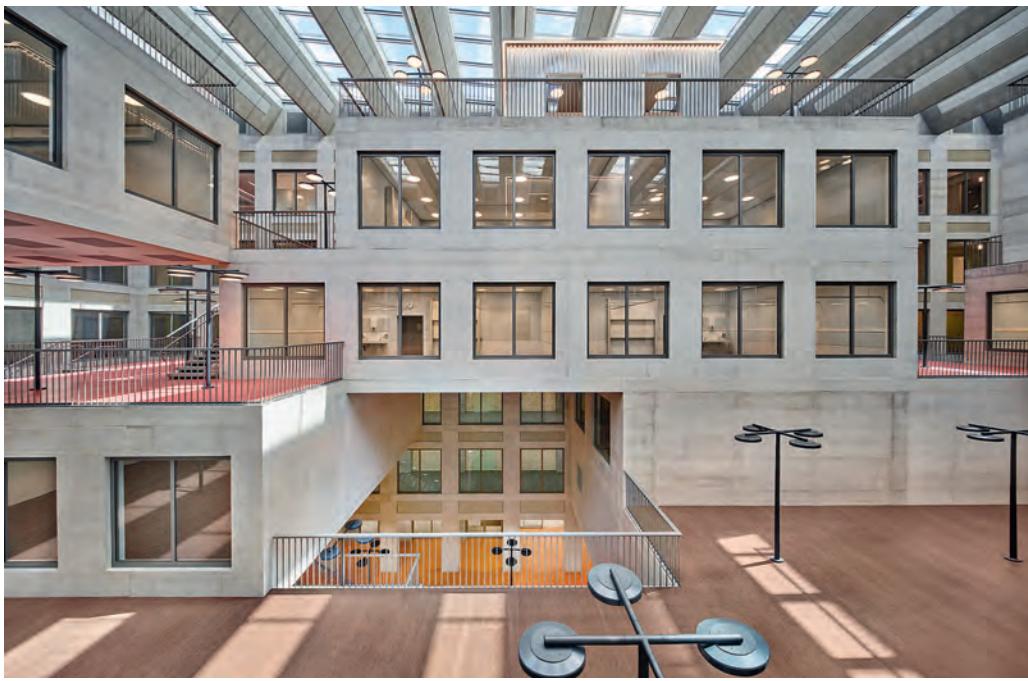
The cubes in the inner courtyard are repeatedly arranged offset to one another (Fig. 4) and consist of 35 cm thick closed shear walls and multi-storey Vierendeel beams made of cast-in-place concrete. When joined together, the result is a visually appealing structure that transfers efficiently the vertical loads as a three-dimensional stack of walls and slabs.

The atrium is spanned by fifteen 30 m long, v-shaped concrete beams prefabricated and pre-tensioned in the factory, with bands of skylights placed in between the beams. Due to serial production in the factory, manufacture of the beams was efficient, and on site the 1.6 m high, 63-tonne beams were all moved to their final position using a mobile crawler crane within just a few

Die filigranen v-förmigen Träger spannen über 30 m und wurden im Spannbettverfahren vorgespannt. Durch die Serienfertigung im Werk erfolgte die Herstellung äußerst effizient und vor Ort konnten die 63 Tonnen schweren und 1,60 m hohen Träger mit dem Raupenkran innert weniger Tage versetzt werden (Fig. 5). Zudem erfüllen die Betonträger die Anforderungen an den Brandschutz ohne zusätzliche Verkleidung und unterstützen die Raumakustik durch schon im Werk eingelegte Schalldämmplatten.

### Platten-Scheiben-Stapel

Das Herzstück des Projekts bilden die zueinander versetzt angeordneten Betonkuben im Atrium. Betonwände, Vierendeelträger und Decken bilden ein hochgradig statisch unbestimmtes System. Gerade auch weil sämtliche Bau-teile aus Sichtbeton bestehen, verlangt das gewählte Tragwerk aus Ingenieursicht die schlüssige Beantwortung der beiden zentralen Fragen: Wie kann das Tragverhalten des Systems möglichst realitätsnah erfasst werden? Und: Wie muss der Bauablauf ausse-



**Fig. 4**  
Gestapelte Vierendeelträger und Wandscheiben im Atrium.  
Stacked Vierendeel beams and walls in the atrium.  
(© Luca Zanier)

days (Fig. 5). In addition to their primary load-carrying purpose, the concrete beams meet the fire protection requirements without additional cladding and support the room acoustics through sound insulation panels already inserted in the factory.

hen, damit sichergestellt ist, dass sich das gewünschte Tragverhalten auch effektiv einstellt? Die Modellierung des Platten-Scheiben-Stapels erfolgte mit einem 3D-FE-Modell, das im Projektverlauf immer weiter verfeinert wurde. Nur so war es mög-

### Wall-slab stack

The heart of the project is formed by the concrete cubes in the atrium, which are arranged offset to one another. Concrete walls, Vierendeel beams, and flat slabs together form a highly statically indeterminate system. In particular, as all components are also realised in exposed concrete, the selected structure requires from an engineering point of view a coherent answer to two central questions: How can the actual structural behaviour of the system be determined as realistically as possible? Which construction process is required to ensure that the desired structural behaviour is actually achieved?

The modelling of the wall-slab stack was carried out using a 3D finite element model, which was refined progressively during the project. By doing so it was possible to develop a model that reproduces the effective structural behaviour, thus minimizing as much as possible cracks in the exposed concrete. The model was validated by checking the vertical loads for each floor, through the examination of membrane stresses



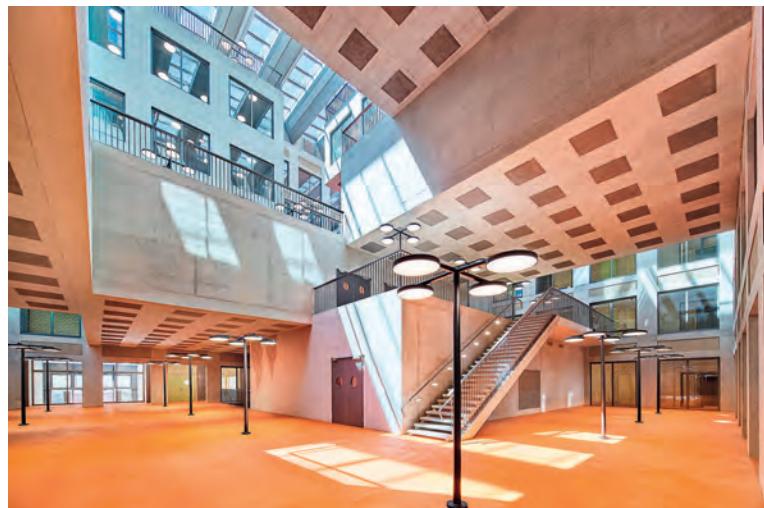
**Fig. 5**  
Versetzen der 30 m langen vorfabrizierten Dachträger.  
Lifting of the 30 m long prefabricated roof beams.  
(© Beat Bühler)

lich, ein Modell zu entwickeln, das das effektive Tragverhalten abbildet und es somit erlaubt, Risse in der Sichtbetonkonstruktion weitestgehend zu verhindern. Validiert wurde das Modell durch die Kontrolle der Vertikallasten pro Stockwerk, die Betrachtung der Membranspannungen in den Deckenebenen sowie durch die Erstellung eines komplett unabhängigen 3D-FE-Modells mit einer zweiten Software.

Aufgrund der Stapelung der Scheiben (Fig. 6) werden Lasten vom 5. Obergeschoss bis zur Bodenplatte im 2. UG mehrfach durch Wandkreuzungen geleitet. Eine Sensitivitätsanalyse zeigte, dass die Steifigkeit dieser Wandkreuzungen einen massgeblichen Einfluss auf die Schnitt- und Reaktionskräfte im FE-Modell hat. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wurde die Steifigkeit der Knotenbereiche im Modell variiert. Auf Fundationsniveau betragen die Abweichungen vom weichsten zum steifsten Modell bei den Reaktionskräften knapp 15%.

Für die Bemessung der einzelnen Scheiben wurde mit Spannungsfeldern gearbeitet. Durch die Wahl von 35 cm starken Wänden im Atrium konnte auf Stahl-einlegeeteile in Wandkreuzungen komplett verzichtet werden, die Scheiben wurden lediglich mit Bewehrung ausgebildet, die in den Wandkreuzungen konzentriert auftritt.

Da das Tragwerk trotz der scheinbaren Komplexität mit gängigen Bauverfahren erstellt werden konnte, war das gewählte System auch durchwegs wirtschaftlich. Die Tragstruktur wirkt integral und ist somit erst nach Vollendung sämtlicher Bauteile tragfähig. Im Bauzustand wurden daher ausgewählte Wände mit Stahlprofilen bis auf die Flachfundation gespriesst (Fig. 7). Durch die Platzierung hydraulischer Pressen zwischen den Stahlspriessen und der Betonkonstruktion konnte das Tragwerk nach Fertigstellung des obersten Geschosses durch kontrolliertes Entlasten der Spriesse gesamthaft aktiviert werden.



**Fig. 6**

Blick vom Erdgeschoss bis zum 5. Obergeschoss; Erdgeschossdecken mit eingelegten Akustikabsorbern.  
*View from first floor to 5th floor; first floor slabs with square acoustic absorbers.*

(© Luca Zanier)

at the floor levels and by creating a completely independent structural model in a second software. Due to the stacking of the slabs and walls (Fig. 6), loads from the 5th floor to the base slab on the 2nd basement floor are passed through multiple wall intersections. A sensitivity analysis showed that the stiffness of the wall intersections has a significant influence on the internal forces and reaction forces in the FE model. To account for this, the stiffness of the nodal areas was varied in the model, whereby a comparison between the softest and the stiffest models resulted in an almost 15% difference in the reaction forces at the foundation level.

Stress fields were applied for the final design of each shear wall. By choosing 35 cm thick walls in the atrium, steel inserts in the wall intersections were not required and the latter were constructed using concentrated reinforcing bars.

Despite its apparent complexity, the structure could be erected using standard methods, thus contributing to an overall cost efficiency. Since the structure acts integrally and was therefore not load-bearing until all components had been completed, selected walls had to be braced against the

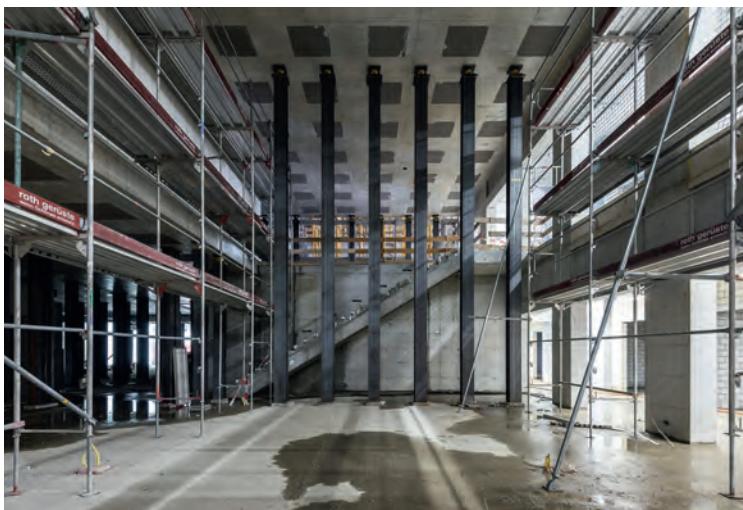
## Deckensystem

Die 40 cm starken Ortbetondecken übernehmen nicht nur eine ausschliesslich statische Funktion. Sie tragen durch eingelegte Absorber (Fig. 6) zur Raumakustik bei und nehmen durch die Bauteilaktivierung mit thermoaktiven Bauteilsystemen eine wichtige Rolle bei der Heizung und Kühlung des Gebäudes ein. Weiter dienen sie als Verteilebene für Elektroleitungen und als Raumabschluss.

Bereits in einer frühen Projektphase wurden fünf Deckensysteme einander gegenübergestellt. Eine thermoaktive Ortbetonflachdecke ohne Unterlagsboden, eine Betonflachdecke mit Unterlagsboden, eine vorfabrizierte Betonrippendecke, eine HBV-Rippen-decke und eine HBV-Flachdecke. Für die vorliegende Situation konnte gezeigt werden, dass die thermoaktive Flachdecke, die nur mit einem minimalen nivellierenden Überzug von 4 cm ergänzt wird, sowohl hinsichtlich der Bauteilhöhe als auch bezüglich grauer Energie und Treibhausgas-emissionen die optimale Lösung darstellt.

## Fazit

Durch enges Zusammenwirken der Disziplinen Architektur, Trag-



**Fig. 7**

Spreissung mit 10 m langen Stahlprofilen (HEA 300) und hydraulischen Pressen im Bauzustand.

Bracing using 10 m long steel struts (HEA 300) and hydraulic presses at top of struts during construction.

(© Beat Bühler)

shallow foundation using steel sections during construction (Fig. 7). By placing hydraulic presses between the steel struts and the concrete structure, the entire structure could be activated after the completion of the top floor through a controlled unloading of the steel struts.

### Floor system

The 40 cm thick concrete flat slabs do not only fulfil static function; they also contribute to the room acoustics by means of inserted absorbers (Fig. 6) and play an important role in the heating and cooling of the building via component activation using thermo-active component systems. The flat slabs also serve as a distribution level for electrical lines and as a room closure.

At an early stage of the project five slab systems were compared with one another: a thermoactive concrete flat slab without screed, a concrete flat slab with screed, a prefabricated concrete ribbed slab, a TCC ribbed slab and a TCC flat slab. For the given situation it could be shown that the thermoactive flat slab, which is only supplemented with a minimum levelling cement flooring of 4 cm, represents the optimal solution both in terms of component height, as

werksplanung und Gebäudetechnik ist mit dem Haus Adeline Favre ein in vielerlei Hinsicht herausragendes Gebäude entstanden. Das Tragwerk mutet zwar spektakulär an, ist aber ausschliesslich Teil der gesamtheitlichen Antwort auf die vielschichtigen und komplexen Projektanforderungen bezüglich der geschichtsträchtigen Umgebung und des anspruchsvollen Hochschulbetriebs. Selbst in der Blüte der industriellen Tätigkeiten auf dem Sulzer-Areal waren die Gebäude stets Mittel zum Zweck. Sie wurden mit bewährten Materialien und ohne Ornamente errichtet und laufend an die Bedürfnisse der Produktionsbetriebe angepasst. In dieser Tradition steht auch das Haus Adeline Favre. Mit der Klinkerfassade und den Wänden und Decken in Sichtbeton wurden langlebige und bewährte Materialien eingesetzt. Für die ZHAW bietet der Ersatzneubau aufgrund der räumlichen Flexibilität auf lange Sicht attraktive und inspirierende Räumlichkeiten zum Arbeiten, Lernen, Forschen, Austauschen und Begegnen.

### Autoren/Authors

**Johannes Schindler**  
MSc ETH Bau-Ing./SIA  
johannes.schindler@dsp.ch

**Robert Koppitz**  
Dr. ès sc., MSc ETH Bau-Ing./SIA  
robert.koppitz@dsp.ch

**Andrea Vernali**  
Ing. Civ. dipl. Politecnico Napoli  
andrea.vernalie@dsp.ch

**Bruno Patt**  
dipl. Bau-Ing. HTL  
bruno.patt@dsp.ch

dsp Ingenieure + Planer AG,  
CH-8610 Uster

well as with respect to grey energy and greenhouse gas emissions.

### Conclusion

For the House Adeline Favre, close cooperation between the disciplines of architecture, structural design and building technology has resulted in a project that is outstanding in many respects. The impressive structure is but only one part of the overall response to many different aspects and complex project requirements regarding the historical surroundings and the demanding university operations.

Even at the peak of industrial activities in the Sulzer area, the buildings were always a means to an end. They were constructed with tried-and-tested materials, without ornaments, and were constantly adapted to the current needs of the production operations. The House Adeline Favre is also part of this tradition. With the clinker facade and the walls and ceilings in exposed concrete, durable and proven materials have been used. The new replacement building offers attractive and inspiring premises for the ZHAW for working, learning, researching, exchanging ideas and meeting people in the long-term thanks to its spatial flexibility.

# Mehrfamilienhaus Letzigraben, Zürich

## Apartment house Letzigraben, Zurich

Neven Kostic

### Einleitung

Eine Wohnung zeichnet sich vor allem durch ihre räumliche Wirkung aus. In den Wohnungen des Mehrfamilienhauses im Letzigraben in Zürich ist alles ausgelegt auf eine grosszügige, weitläufige und räumliche Wirkung in einem kleinen Massstab. Drei mehrgeschossige Wohnungen dehnen sich über fünf Etagen aus und sind gestapelt übereinander positioniert (Fig. 1). Jede Wohnung hat einen eigenen aussen gelegenen Eingang, nur der Aufzugsschacht und schlank ausgebildete Stützen gehen über alle Etagen durch. Die Trennwände zwischen den Wohnungen sind aus schalltechnischen Gründen in Beton ausgebildet. Die schlanke Bauweise führte zu einer grossen

### Introduction

An apartment is characterised above all by its spatial effect. In the apartments of the Letzigraben apartment building in Zurich, everything is designed to create a generous, spacious effect on a small scale. Three multi-story apartments stretch over five floors and are positioned stacked on top of each other (Fig. 1). Each apartment has its own exterior entrance, with only the elevator shaft and slender columns extending through all floors. The partition walls between the apartments are made of concrete for acoustic reasons. The slim construction method led to a large saving in building materials and costs and demonstrates that a very sustainable solution can also

Einsparung bei Baumaterialien und Kosten und demonstriert, dass sich auch mit einem Betonbau eine sehr nachhaltige Lösung erzielen lässt.

### Tragwerk

Das Tragwerk ist in Beton C30/37 mit dünnen Flachdecken erstellt. Die zentralen Elemente des Gebäudes sind die schmalen, vorfabrizierten Stützen. Aus gestalterischen Gründen ist die vertikale Form der Stützen abgerundet, jedoch dient die obere Stützenverbreiterung als Pilzaufslager der Decken, und die unterste vereinfacht die Krafteinleitung in die darunterliegende Decke. Da die Räume klein und die Stützen auf den Etagen relativ zahlreich sind, war es räumlich wichtig, die



Fig. 1

Ansicht des Mehrfamilienhauses Letzigraben, Baustelle.

View of the apartment house Letzigraben, building site.

(© Roman Keller)



**Fig. 2**  
Betondecken Letzigraben.  
Concrete slabs Letzigraben.

be achieved with a concrete building.

## Structure

The structure is made of concrete C30/37, with thin flat slabs. The central elements of the building are the slender prefabricated columns. For design reasons, the vertical shape of the columns is gradual curving, but the upper column widening serves as a mushroom support for the slabs, while the lowest one simplifies the transfer of forces to the slab below. Since the rooms are small and the columns on the floors relatively numerous, it was important from a spatial point of view to design the columns as slender as possible. This could only be achieved with slabs that are of minimal thickness and therefore light. It is not the inner spans of approx. 5.0 m, but the cantilevers of 3.5 m that determine the stiffness of the slabs, which are designed to be 18 cm thick (Fig. 2). This slab thickness also meets the minimum requirements for fire protection of flat concrete slabs for a fire resistance of sixty minutes, according to Eurocode 2. The thickness of the walls was kept thin at 15 cm, but for acoustic reasons, the elevator walls and

Stützen möglichst schmal auszubilden. Dies liess sich nur bewerkstelligen, wenn die Decken von minimaler Dicke und damit leicht sind. Nicht die inneren Spannweiten von ca. 5,0 m, sondern die Auskragungen von 3,5 m bestimmen die Steifigkeit der Decken, die 18 cm dick ausgebildet sind (Fig. 2). Diese Deckenstärke entspricht auch den minimalen Anforderungen bezüglich Brand- schutz gemäss Eurocode 2 mit einem Brandwiderstand von sechzig Minuten. Die Dicke der Wände wurde mit 15 cm Stärke klein gehalten, aus schalltechnischen Gründen sind die Wände des Aufzugs und die Trennwände jedoch 20 cm dick. Die minimalen Abmessungen der Stützen betragen 15 cm in den Obergeschossen und 18 cm im Erdgeschoss (Fig. 3). Die Stützen wurden im massgebenden Querschnitt in der Stützenmitte dimensioniert. Dank der kleinen Ausnutzung der Stützen und im Labor nachgewiesener Luftpermeabilität (mit Permea-Torr-Messgerät) sowie minderer Festigkeit des Betons wurde ein Brandschutzwiderstand von sechzig Minuten gemäss Eurocode nachgewiesen. Die auskragenden Decken wurden mit einer Überhöhung von 3 cm ausgeführt,

### Bauherrschaft/Owner

Privat/private

### Architekt/Architect

Miriam Zehnder und/and Fabio Gramazio, Zürich

### Bauingenieur/Civil engineer

Dr. Neven Kostic GmbH, Zürich

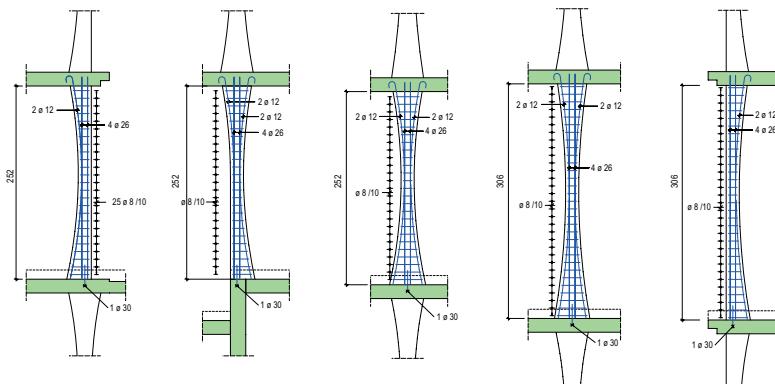
### Bauausführung/Contractor

Müller Forch GmbH, Forch

### Fertigstellung/Completion

2021

the partition walls between apartments are nevertheless 20 cm thick. The minimum dimensions of the columns are 15 cm on the upper floors and 18 cm on the ground floor (Fig. 3). The columns were dimensioned in the relevant cross-section in the column middle. Thanks to the low utilization of the columns as well as the concrete's air-permeability (with Permea-Torr tests, proven in the laboratory) and lower strength, a fire resistance of sixty minutes was verified according to Eurocode. The cantilevered slabs were designed with a 3 cm superelevation, and a minimum reinforcement d10/150 B500B was sufficient in most of this structure. The structure is flat-founded. The formwork and reinforcements were planned as three-dimensional (Fig. 4).



**Fig. 3**  
Stahlbetonstützen 2. Obergeschoss.  
Reinforced concrete columns 2nd floor.

eine minimale Bewehrung d10/150 B500B reichte im grössten Teil dieses Bauwerks aus. Das Tragwerk ist flach fundiert. Die Planung der Schalungen und Bewehrungen erfolgte dreidimensional (Fig. 4).

### Baustelle

Das Bauwerk wurde in fünf Monaten konventionell erstellt (Fig. 5). Die Stahlbetonstützen wurden vor Ort vorfabriziert und nachträglich montiert. Um die resultierende Durchbiegung der auskragenden Decken zu minimieren, wurden diese mit zwei grossen Spriessen während sechs und zwölf Monaten unterspriesst. Nach dem Entfernen der Spriesse konnte keine weitere Durchbiegung der Decken festgestellt werden.

### Technische Entwicklungen

Leichte Betondecken von 18 cm Stärke und ein geschickter Umgang mit der Durchbiegung der auskragenden Bauteile haben nicht nur gestalterische Qualitäten des Projektes ermöglicht, sondern auch durch die Leichtigkeit des Tragwerks die Pfählung, die üblicherweise in dieser Bauzone der Stadt Zürich nötig ist, vollkommen überflüssig gemacht. Die grossen Ersparnisse bei den Betonvolumen haben sowohl einen finanziellen als auch einen

### Construction site

The structure was built conventionally within five months (Fig. 5). The reinforced concrete columns were prefabricated on site and subsequently erected. To minimize the calculated deflection of the cantilevered slabs, they were under-braced with two large temporary supports for between six and twelve months. As a result, no further deflection of the slabs could be detected after the supports were removed.

### Technical developments

Lightweight concrete slabs of 18 cm and a clever handling of

ökologischen Vorteil. Die technische Lösung des Projekts muss hinsichtlich der Nachhaltigkeit den Vergleich mit Holzbauten nicht scheuen. Es zeigt sich, dass Betonbausysteme, die wenig Arbeit und Materialien brauchen, eine alte und immer noch interessante Nachhaltigkeitslösung für die Zukunft sind. Die dünnen, flachen Decken mit kleinen Spannweiten und vorfabrizierten Pilzstützen zeigen sich als alte gute Lösung, die ohne besondere Schwierigkeiten flächendeckend im Hochbau wieder angewandt werden kann. Darüber hinaus erfährt die Anwendung der dünnen



**Fig. 4**  
Schalungs- und Bewehrungsmodell des Tragwerks.  
Formwork and reinforcement model of structure.



**Fig. 5**

Betonbau, Baustelle.

Concrete structure, building site.

(© Roman Keller)

the deflection of the cantilevered structural elements not only enhanced the design quality of the project. Thanks to the lightness of the structure, they also rendered the foundation piles usually required in this construction zone of the city of Zurich completely unnecessary. The great savings in concrete volumes create a financial as well as ecological advantage. The technical solution of the project is ecologically competitive with timber buildings. As it turns out, concrete building systems with their low demand for labour and materials are a long-standing and still interesting sustainability solution for the future. The thin flat slabs with small spans and prefabricated mushroom columns represent a well-known suitable solution that can be reapplied to flat slabs in building construction without any particular difficulties. Moreover, the use of thin reinforced concrete slabs is very broadly supported by the latest investigations into punching shear behaviour.

Stahlbetondecken mit den letzten Untersuchungen zum Durchstanztragverhalten eine sehr breite Unterstützung.

### Schlussbemerkungen

Ein einfacher Vergleich der verbrauchten Materialien in diesem Projekt (18 cm starke Flachdecken) mit dem Projekt der Erweiterung des Hauptsitzes einer Weltorganisation in Genf (auskragende, 45 cm starke Flachdecken, vgl. Seite 34) zeigt, dass die statischen Systeme – und nicht unbedingt die verwendeten Baumaterialien – für die Nachhaltigkeitslösungen der Zukunft von Bedeutung sind.

Die Architekten trugen ganz wesentlich dazu bei, die Leichtigkeit dieses Projekts und die seltsame Eleganz eines Betonbaus zu verstärken, nicht nur bei der Ausführung des Rohbaus, sondern auch bei den Lösungen der restlichen Bauteile, wie Fassade und Innenausbau teilen.

### Concluding remarks

A simple comparison of the materials employed in this project (flat slabs of 18 cm) and in the Headquarters extension in Geneva (cantilevered flat slabs of 45 cm, see page 34) reveals that the structural systems – and not necessarily the chosen building materials – are important when it comes to future sustainability solutions.

The architects played a major role in reinforcing the lightness of this project and the strange elegance of a concrete building, not only as far as the execution of the concrete structure is concerned but also the details of the other parts of the building, such as facade and interiors.

#### Autor/Author

Neven Kostic  
Dr sc. EPFL ing. Polimi SIA  
Dr. Neven Kostic GmbH  
CH-8002 Zürich  
mail@drnk.ch