

Vision: Kollaborativ forschen und entwickeln

A Vision of Collaborative R & D

Text: Sacha Menz, Professor für Architektur und Bauprozess, ETH Zürich |
Professor of Architecture and Building Process, ETH Zurich



Der Neubau für das Institut für Technologie in der Architektur (ITA) auf dem Campus der ETH Zürich auf dem Höggerberg ist ein Forschungsprojekt im Massstab 1 : 1.

≡ Blicken wir zunächst zurück: Mit dem Wachstum der Städte nach dem Zweiten Weltkrieg und dem Einfluss der Mechanisierung festigte sich ein wichtiger Schritt in Richtung eines Neuen Bauens. Steuerungs- und Regeltechnik beschleunigten die Bauprozesse, und vielleicht half auch die bei Architekten neu etablierte Methodik der «Pattern Language», komplexe Fragestellungen zu strukturieren und zu organisieren. Auf Kollaboration basierte und multidisziplinäre Zusammenarbeitsmodelle innerhalb der Planungsteams versprachen, komplexe Raumprogramme zu entschlüsseln und die sozialen, kulturellen und technischen Anliegen einer wachsenden Gesellschaft zu bewältigen. Die Visionen der Moderne standen kurz vor dem Durchbruch; damit liessen sich die Megastrukturen, die selbstregulierende Gebäudehülle, die sichtbare Gebäudetechnik als Plug-in-System und die industrialisierte Vorfertigung real umsetzen. Daneben warnte der «Club of Rome» vor dem Kollaps, die Grenzen des Wachstums waren erreicht. Diesem Weckruf folgte ein gesellschaftlich neues Umweltbewusstsein.

Der kollaborative Ansatz

Wir schreiben das Jahr 2010. Am Architekturdepartement der ETH Zürich stellt sich eine Gruppe von Forschern, Architekten, Bauingenieuren, Gebäudetechnikern und Bauphysikern am neu gegründeten Institut für Technologie in der Architektur (ITA) eine Grundsatzfrage. Wie erfindet sich das Neue Bauen unter dem Einfluss der Digitalisierung und kollaborativer Planungsprozesse neu, und welchen Mehrwert bringen diese Technologien und Prozesse? In der Folge beschlossen sie, mit vereinten Kompetenzen ein Architektur- und Technologie-laboratorium als 1:1-Prototyp zu entwickeln – dem damaligen ETH-Präsidenten Ralph Eichler als erstem Unterstützer sei Dank –, um folgende Thesen zu verifizieren.

- Die Digitalisierung beeinflusst unsere Planungs- und Baukultur.
- Leichtbautechnologien fördern Konzepte für die Verdichtung bestehender Strukturen und verringern den Einsatz verbauter Materialien und damit von Rohstoffen.
- «Zero Emissions»-Architektur setzt dem CO₂-Ausstoss klare Grenzen und lässt sich über kleinteilige Gebäudesysteme einfach realisieren.

A new building for the Institute of Technology in Architecture – a 1 : 1 scale research project on the ETH Zurich's Höggerberg Campus.

≡ Let us begin by briefly looking back: urban expansion in the wake of World War II and the impact of mechanisation constituted important steps along the way to a new building philosophy. The advent of control and regulation technology accelerated construction processes and may also have helped to structure and organise complex issues arising in connection with architects' newly established pattern language method. Collaborative, multidisciplinary models of cooperation within planning teams held out the promise of decoding complicated spatial design schemes and tackling the social, cultural and technological issues of a growing society. Visions of modernist architects were about to achieve their breakthrough, paving the way for the realisation of megastructures, the self-regulating building envelope, plug-in exposed building management systems and industrialised prefabrication. At the same time, the Club of Rome warned of an economic collapse, with growth having reached its limits. This wake-up call prompted unprecedented social awareness of the environment.

The collaborative approach

It is 2010, and in the Department of Architecture at the ETH Zurich a group of researchers including architects, civil engineers, building service engineers and structural engineers at the newly founded Institute of Technology in Architecture (ITA), are pondering a fundamental question: how is the new building philosophy reinventing itself under the influence of digitisation and collaborative planning procedures, and what value added do these new technologies and processes contribute? In the end, largely thanks to support from Ralph Eichler, who was President of the ETH Zurich at the time, they decided to pool their skills and know-how to build an Architecture and Technology Laboratory (Arch_Tec_Lab) as a full-scale prototype that would verify the following hypotheses:

- Digitisation is influencing our planning and building cultures.
- Lightweight construction technologies promote designs that densify existing structures and reduce the quantity of building (and thus raw) materials required.
- «Zero-emission architecture» imposes clear limits on CO₂ emissions and can be simply achieved using compartmentalised building systems.

- 1 Das Dach des Neubaus wurde digital entworfen und konstruiert und vollständig von einem Roboter montiert. | The roof of the new building was digitally designed and fabricated and assembled entirely by a robot.

- Zukünftige Forschungs- und Arbeitsbereiche der ETH brauchen weniger Einzelarbeitsplätze, dafür mehr allgemein nutzbaren Begegnungsraum zur multidisziplinären Zusammenarbeit.

Zum Prozess

Das Arch_Tec_Lab kommt auf einem bestehenden Parkhaus des Campus ETH Höggerberg zu stehen und widersetzt sich konsequent dem weiteren Verbrauch von Landressourcen. Seine auf der Struktur des Bestands aufgeständerte Gestalt, die gewellte Form des mittels Robotik gefertigten Dachs sowie das offene Layout der Grundrisse setzen es von gewöhnlichen Bauten für Forschungs- und Arbeitswelten ab.

Bewusst reduzierte man den Einsatz primärer Energie, verbaute weniger Masse und integrierte den Einsatz von Leichtbautechnologien. Buckminster Fuller lässt grüssen! Rechnet man heute im Regelfall bei Hochbauten mit einem Gewicht pro Kubikmeter von beinahe 400 kg, so liegt die durchschnittliche verbaute Masse am Arch_Tec_Lab bei ungefähren 240 kg/m³. Gleichzeitig fördert die Leichtbauweise den Ansatz, auf bestehenden Gebäudestrukturen weiter zu bauen, um diese räumlich zu verdichten. Dafür wurde der Entwurfsansatz gewählt, Schächte und Erschliessungskerne nichttragend auszubilden. Das Tragwerk und die Gebäudetechnik zeigen sich offen und in ihrer Form als raumbildende Elemente. Dies trägt zur gewollten technologischen Ästhetik des Ganzen bei.

Im Planungs- und Bauprozess des Arch_Tec_Lab wurde bereits 2010 die Bau-Information-Modellierung (BIM) eingeführt. Wichtig dabei ist die Erkenntnis, dass die digitale Technologie die bewährten Methoden des Zeichnens, Modellbauens und damit des Entwerfens nicht ersetzt, sondern ergänzt. Eine weitere Erkenntnis beruht auf der Tatsache, dass die evolutiv geschnürten Datenpakete von Anfang an neben den quantitativen Attributen wie Längenmassen, Gewicht usw. auch qualitative Inhalte wie physische Eigenheiten abdecken. Zwischen Planung und Ausführung wird das sprichwörtliche Beschreiben von Gebäudeteilen bald obsolet. Damit dürfte sich zukünftig die SIA-Phase 4 der Ausschreibung schrittweise in die SIA-Phase 3 verschieben.

Das Fazit

Welche Schlüsse lassen sich aus den einzelnen Thesen und deren Umsetzung nun ziehen, und welche dokumentierten Erkenntnisse können an zukünftigen Bauten des ETH-Bereichs umgesetzt und angewendet werden?

1. Der Forschungsbereich Digitale Fabrikation bildet die Grundlage des Beweises, die Dachstruktur

- Future research and working facilities at the Swiss Federal Institute of Technology (ETH Zurich) will need fewer individual workstations, but more general meeting rooms for multidisciplinary collaboration.

The process

The Arch_Tec_Lab will be built on top of an existing underground car park on the ETH Zurich's Höggerberg Campus, resolutely resisting the temptation to use more land resources. The form it takes, dictated by what already exists on-site, the wavy form of the digitally fabricated roof and the open layout of the floor plan all set it apart from conventional research and work facilities.

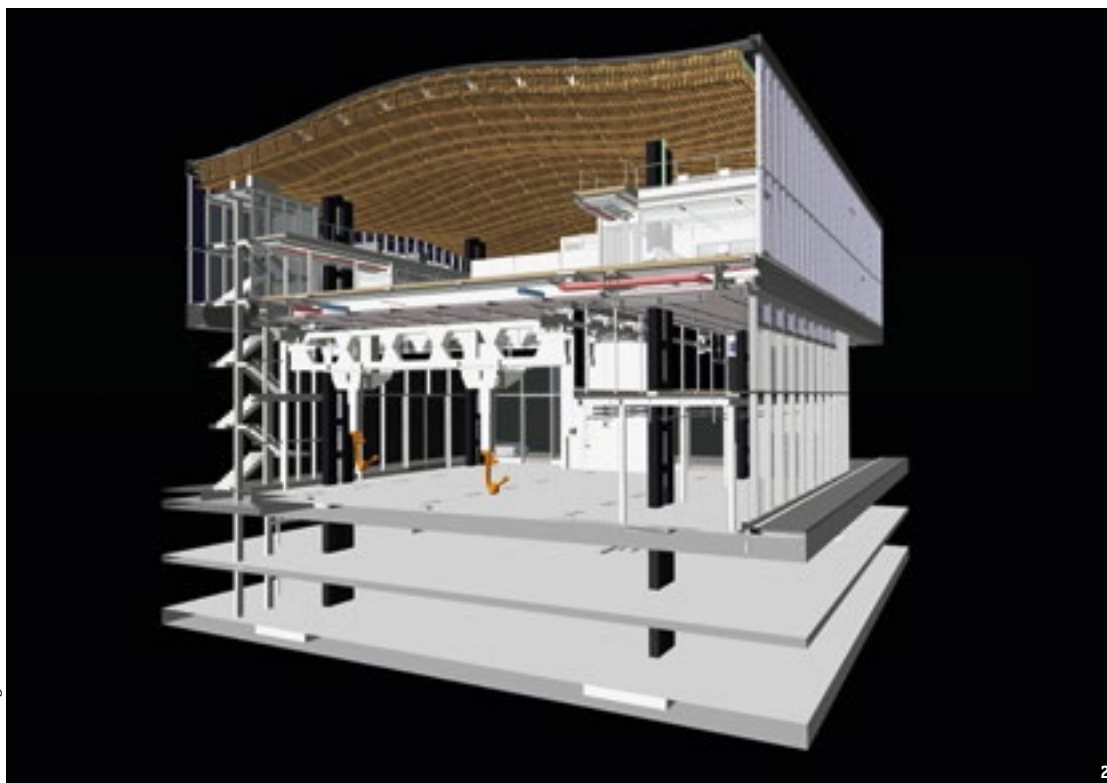
A conscious effort has been made to curb the use of primary energy, build a less massive construction and incorporate lightweight construction technology. All hail Buckminster Fuller! While a standard building has a material density of almost 400 kilos per cubic metre, the average material density of the Arch_Tec_Lab is about 240 kilos per cubic metre. At the same time, this lightweight construction promotes the approach of building on top of existing structures to densify them in spatial terms. To this end, it was decided to use a design that incorporated non-load-bearing shafts and service cores. The supporting structure and building technology are exposed and constitute space-forming elements. This approach contributes to the overall technological aesthetic appeal of the building as a whole.

As early as 2010, building information models (BIMs) were factored into the planning and construction of the Arch_Tec_Lab. In this connection, one important fact to note is that digital technology is not replacing, merely complementing, the drawing methods used, the construction of the model and thus the design process itself. Another important fact worth noting is that right from the outset the progressively assembled data packets cover not only quantitative attributes like lengths and weights and so forth, but also qualitative content such as physical properties. Soon, the traditional description of building parts between the planning and execution of construction will become obsolete. As a result, in future phase 4 of the SIA call for tender may gradually be shifted to phase 3.

Conclusions

So what conclusions can be drawn regarding the individual hypotheses and their practical application, and which documented findings can be implemented and used for future ETH buildings?

1. Proof that the new building's roof structure could be programmed and built using digital fabrica-



2

des Neubaus mit digitalen Fabrikationsmethoden zu programmieren und zu bauen. Als Teil des Entwurfsprozesses erfolgt bereits in einer frühen Entwicklungsphase für Architekten und Ingenieure die Programmierung von Bauteilen als ergänzendes Gestaltungs- und Ausführungsinstrument – eine Innovation im Bauprozess. Der in der Bauindustrie bis anhin nicht getätigte Schritt, direkt von einer digitalen Datenbasis (Planung) in den Produktionsprozess (Ausführung) einzugreifen, wird mit der Programmierung und Herstellung des Dachs abgeschlossen. Der Beweis ist erbracht, dass aus kleinmassstäblichen Bauteilen, in diesem Fall Holzstäben von ca. 100–150 cm Länge, tragfähige, leichte und grossmassstäbliche Strukturen mit Spannweiten von bis zu 15 m umgesetzt werden können. Die Entwicklung des Dachs setzt für Architekten und Ingenieure sowie für die Bauwirtschaft neue Impulse.

2. Das Tragwerk und damit der Entscheid, den gesamten Baukörper des Arch_Tec_Lab nur mittels vertikal verlaufender Doppelstützen zu stabilisieren und erdbebentechnisch auszusteuern, fordert eine Struktur, die sich von statisch beanspruchten und räumlich vertikal angeordneten Kernen befreit. Zukünftige Anpassungen des Layouts vereinfachen sich.

3. Das Arch_Tec_Lab bringt die an der ETH Zürich erforschte kleinteilige «Zero Emissions»-Klimatechnologie zum Einsatz. Der Nutzen dieser Technologie kommt erst in einem grossen Gebäude wie dem hier vorgestellten zum Tragen. Die auf 2300 m² angelegte Doppelbodenstruktur im Schwerpunkt des Gebäudequerschnitts ermöglicht eine einzigartige Luftverteilung über 120 an das Anergienetz der ETH Höggerberg angeschlossenen «Airboxen». Diese kühlen und wärmen zusätzlich die Arbeitsräume. Der doppelte Boden, sowohl strukturell als auch klimatechnisch genutzt, dient als Luftverteilkoher. Die Abluft gelangt über Öffnungen im

tion methods was provided by research into that new technology. Already at an early phase in a building's development, the programming of building parts is an additional design and execution tool for architects and engineers in the design process, bringing an innovative element into the building's construction. Up to now, the construction industry has shrunk back from proceeding directly from the digital domain (plans) to take that data (i. e. plans) into the actual production process (execution). The programming and fabrication of the new building's roof does precisely this, proving that small structural elements – in our case wooden beams roughly 100 to 150 cm long – can be directly scaled up into large, lightweight, robust load-bearing structures spanning up to 15 m. The development of the new building's roof gives architects and engineers a new option.

2. The design of the building's support structure and thus the decision to stabilise the entire shell of the Arch_Tec_Lab building and reinforce it against earthquakes using only vertical double support columns required an approach that eschewed the use of statically stressed and (in spatial terms) vertically configured core components, facilitating future adjustments of the layout.

3. The Arch_Tec_Lab will incorporate small-scale «Zero Emissions» climate technology stemming from research conducted by the ETH Zurich. The usefulness of this technology first really comes into its own in a large building like the one presented here. The 2,300 m² double floor structure dominating the cross-section of the building enables a unique distribution of air via 120 «air boxes» connected to ETH Höggerberg's anergy (low-grade energy) grid. These boxes additionally cool and heat the workspaces in the building. The double floor, which serves both structural and interior-climate-regulating functions, distributes air. Stale air passes out of the

2 Das digitale 3-D-Modell im Querschnitt | The digital 3D model in cross section

Dach nach aussen. Alles in allem reduziert sich der Raum für die technische Erschliessung der einzelnen Arbeitsplätze um ca. 30%. Die Bilanz zugunsten nutzbarer Flächen wird gesteigert.


4. Verdichtung ist zu einem zentralen Aspekt im Städtebau geworden. Entwurfsmethoden, Modelle und Technologien, die diese Strategie unterstützen, sind zu fördern. Die Aufstockung auf der HIL-Garage stellt einen wesentlichen Beitrag unter diesem Aspekt der Verdichtung dar.

5. Der Bau dient der Forschung im Bauwesen. Diese kann nicht hinter verschlossenen Türen stattfinden. Die Kompetenzen der jeweiligen Forschungsbereiche sind räumlich zu bündeln. Zur Umsetzung braucht es interdisziplinär nutzbare offene Raumeinheiten. Deshalb wurde im Arch_Tec_Lab der übliche Flächenaufwand einzelner Forschungseinheiten zugunsten gemeinschaftlich nutzbarer Flächen um bis zu 50% reduziert. Davon erhofft sich das Institut eine spürbare Steigerung der interdisziplinären Aktivitäten innerhalb des Instituts und neue Forschungsimpulse über die einzelnen Disziplinen hinaus.

Der Faktor Mensch

Am Gebäude wurden Erkenntnisse aus der eigenen Forschung getestet, um als Innovationen in die Bauindustrie überführt zu werden. Mit der Planung wurden unübliche Wege innerhalb digitalisierter Bauprozesse im Hochbau eingeschlagen. Die eingangs gestellten Thesen konnten zum Grossteil verifiziert werden. Die Programmierung und erfolgreiche Fertigung des Dachs bestätigen dies. Damit gelingt zwischen den Forschungsbereichen der ETH und den Institutionen der Bauindustrie ein wesentlicher Brückenschlag. Dies zum technologischen Ansatz.

Die gesellschaftlichen Anliegen, die den Städtebau, die Architektur sowie das Zusammenleben und -arbeiten betreffen, lassen sich nicht durch den alleinigen Einsatz von Technologien quantifizierbar und messbar lösen. Der Mensch steht weiterhin im Mittelpunkt als Kommunikator zwischen der Problemstellung und deren möglicher Lösung.

Neben den beschriebenen und durchwegs technischen Aspekten sind es in der Regel die architektonischen und sozialen Werte, die dem Bauen über Jahrhunderte den Weg zur ständigen Weiterentwicklung seiner selbst ebneten. Die Erfindung des Stahlbetons wäre nur halb so viel wert ohne deren räumliche Anwendung auf den Plan Libre. François Hennebique legte die Grundlage, und Le Corbusier erfand das Raumsystem dazu. Damit gelangen wir zum Schluss, dass Grundlagenforschung Hand in Hand mit angewandten Entwurfsansätzen jeweils zu grossartigen Innovationsschritten in der Architektur führen kann. 

building through openings in the roof. Overall, roughly 30% less space is required to provide technical access to individual workplaces, creating a higher proportion of usable space.


4. Densification has become a core strategy in urban planning, and design methods, models and technologies that underpin it should be promoted. This was a key consideration in designing the new structure to be built on top of the existing underground car park (HIL).

5. The building is designed for use by construction researchers, whose work must not be allowed to take place behind closed doors, so skills in various domains are to be bundled together in open spaces that can be used by experts in various disciplines. To this end, in the Arch_Tec_Lab the space usually assigned to specific research groups has been reduced by up to 50% to create more room for joint activities. We hope that this will prompt a notable increase in multidisciplinary activities within the institute and lend fresh impetus to transdisciplinary research.

The human factor

The building will test a number of our own research findings with a view to passing them on to the building trade as tried-and-tested innovations. The planning phase entailed a new approach involving digitised construction processes, which verified most of our hypotheses. The programming and successful fabrication of the roof will prove this, forming an important bridge between the research domains covered at the ETH Zurich and institutions of the construction industry. So much for the technological aspect.

Social issues to do with urban planning, architecture and living and working together cannot be quantifiably, measurably resolved by technology alone. Human beings continue to play a pivotal role, communicating problems and identifying potential solutions.

In addition to the consistently technical aspects described above, as a rule it is architectural and social values that opened up the way to the steady development of buildings over the centuries. The invention of reinforced concrete would only have been half as valuable, had it not been applied to free-plan spaces. François Hennebique laid the foundations and Le Corbusier invented the accompanying spatial system. Thus our conclusion is that basic research combined with applied design approaches can lead to wonderful architectural innovations. 

AM BAU BETEILIGTE – PLANUNG COMPANIES INVOLVED IN PLANNING

Bauherrschaft | Contracting client

ETH Zürich, vertreten durch ETH Immobilien | ETH Zurich, represented by the Public Real Estate Management Division

Beteiligte Professuren | Participating professors

ITA Institut für Technologie in der Architektur, Forschung und Entwicklung, ETH Zürich | ITA Institute of Technology in Architecture, Research and Development, ETH Zurich

Gesamtprojektleitung, Architektur und Bauprozess, Koordination | Overall project management, architecture, construction process and coordination

Prof. Sacha Menz, Professur für Architektur und Bauprozess, ETH Zürich | Prof. Sacha Menz, Chair of Architecture and Building Process, ETH Zurich

Holzdach und Robotic Fabrication Laboratory | Timber roof and Robotic Fabrication Laboratory

Prof. Fabio Gramazio und Prof. Matthias Kohler, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation, ETH Zürich | Prof. Fabio Gramazio and Prof. Matthias Kohler, Chair of Architecture and Digital Fabrication, ETH Zurich

«Zero Emissions»-Konzept | “Zero Emissions” concept

Prof. Dr. em. Hansjürg Leibundgut, Professur für Gebäudetechnik, ETH Zürich | Prof. Dr. emer. Hansjürg Leibundgut, Chair of Building Systems, ETH Zurich

Tragwerk | Supporting structures

Prof. Dr. Joseph Schwartz, Professur für Tragwerksentwurf, ETH Zürich | Prof. Dr. Joseph Schwartz, Chair of Structural Design, ETH Zurich

Bauphysik und Akustik | Building physics and acoustics

Prof. Dr. Jan Carmeliet, Professur für Bauphysik, ETH Zürich | Prof. Dr. Jan Carmeliet, Chair of Building Physics, ETH Zurich

Parametric Design

Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Professur für Computer Aided Architectural Design, ETH Zürich | Prof. Dr. Ludger Hovestadt, Chair for Computer Aided Architectural Design, ETH Zurich

ITA-Planungsteam | ITA planning team

Guido Züger, Architekt (Projektleitung); Aleksandra Anna Apolinarska, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation; Mathias Bernhard, Professur für Computer Aided Architectural Design; Tobias Bonwetsch, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation; Markus Braach, Professur für Computer Aided Architectural Design; Britta Callens, Architektin; Jaime de Miguel, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation; Michael Knauss, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation; Neven Kostic, Professur für Tragwerksentwurf; Lorenz Lachauer, Professur für Tragwerksentwurf; Olga Linardou, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation; Andreas Loscher, Professur für Architektur und Bauprozess; Anna Marschall, Architektin; Odilo Schoch, Berner Fachhochschule; Frank Thesseling, Professur für Gebäudetechnik; Till Thomschke, Architekt; Tao Wang, Architekt

Experten | Experts

Institut für Baustatik und Konstruktion ETH Zürich | Institute of Structural Engineering, ETH Zurich
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa | Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology

AM BAU BETEILIGTE – REALISIERUNG COMPANIES INVOLVED IN CONSTRUCTION

Gesamtplanung Architektur, Bauprozesskoordination | Overall architectural planning and coordination of the construction process
Prof. Sacha Menz, Arch-Tec-Lab AG, Guido Züger, Ania Apolinarska, Till Thomschke, Tao Wang

Holzdach | Timber roof

Prof. Fabio Gramazio und Prof. Matthias Kohler, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation, ETH Zürich; Arch-Tec-Lab AG; Dr. Lüchinger + Meyer AG; SJB Kempter Fitze AG (PQM); ROB Technologies AG; ERNE AG Holzbau | Prof. Fabio Gramazio and Prof. Matthias Kohler, Chair of Architecture and Digital Fabrication, ETH Zurich; Arch-Tec-Lab AG; Dr. Lüchinger + Meyer AG; SJB Kempter Fitze AG (PQM); ROB Technologies AG; ERNE AG Holzbau

Robotic Fabrication Laboratory

Prof. Fabio Gramazio und Prof. Matthias Kohler, Professur für Architektur und Digitale Fabrikation, ETH Zürich; Güdel AG; ABB Schweiz AG; Nikon AG | Prof. Fabio Gramazio and Prof. Matthias Kohler, Chair of Architecture and Digital Fabrication, ETH Zurich; Güdel AG; ABB Schweiz AG; Nikon AG

BIM-Koordination | BIM coordination

Arch-Tec-Lab AG – Guido Züger, Odilo Schoch

Baukosten, Bauherrenvertretung PQM | Building costs, building owner's representative for PQM

Takt Baumanagement AG

Tragwerk | Supporting structures

Prof. Dr. Joseph Schwartz, Professur für Tragwerksentwurf, ETH Zürich; Dr. Lüchinger + Meyer AG | Prof. Dr. Joseph Schwartz, Chair of Structural Design, ETH Zurich; Dr. Lüchinger + Meyer AG

Holzbau PQM | Timber construction PQM

SJB Kempter Fitze AG

Gebäudetechnik | Building technologies

Prof. Dr. em. Hansjürg Leibundgut, Professur für Gebäudetechnik, ETH Zürich; Amstein + Walthert AG | Prof. Dr. emer. Hansjürg Leibundgut, Chair of Building Systems, ETH Zurich; Amstein + Walthert AG

Elektroplanung | Electrical engineering

Mosimann + Partner AG

Gebäudeautomation | Building automation

Jobst Willers Engineering AG

Fassadenplanung | Façade planning

Emmer Pfenninger Partner AG

Brandschutz | Fire safety

Amstein + Walthert AG, Basler + Hofmann AG

Bauphysik | Building physics

Prof. Dr. Jan Carmeliet, Professur für Bauphysik, ETH Zürich; bakus Bauphysik und Akustik GmbH | Prof. Dr. Jan Carmeliet, Chair of Building Physics, ETH Zurich; bakus Bauphysik und Akustik GmbH

Bau- und Raumakustik | Building and room acoustics

Empa Abteilung Akustik, bakus Bauphysik und Akustik GmbH

Signaletik | Signage

Weiersmüller Bosshard Grüniger WBG AG

Totalunternehmer | Sole contractor

HRS Real Estate AG