

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 142 (2016)  
**Heft:** [38-39]: Arch\_Tec\_Lab, ETH Zürich

**Artikel:** Tragwerk : Stahlbau über Garage = Structural design : steel construction on top of a garage  
**Autor:** Schwartz, Joseph  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-632793>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Tragwerk: Stahlbau über Garage

## Structural Design: Steel Construction on Top of a Garage

Text: Dr. Joseph Schwartz, Professor für Tragwerksentwurf, ETH Zürich | Professor for Structural Design, ETH Zurich

Beim Bau des Arch\_Tec\_Lab verfolgten die Planer des Instituts für Tragwerksentwurf der ETH und die Bauingenieure von Dr. Lüchinger + Meyer eine Vielfalt von Forschungsaspekten, einige davon in direkter Beziehung zum Tragwerk. Das übergeordnete Ziel: eine möglichst effiziente Lastabtragung bei minimalem Materialverbrauch.

≡ Einen wichtigen Beitrag dazu leistete die zweckmäßige Verwendung des Materials zur Aussteifung des Gebäudes. Zudem sollte der verfügbare Raum durch minimale Eingriffe an der Tragstruktur und durch gezielte Integration aller benötigten Gebäude-technikelemente optimiert werden. Auf der Vorfertigung lag der dritte Schwerpunkt; dies, um neue Konzepte für die Bauindustrie zu entwickeln und die Bauzeit zu minimieren. Das Ziel war somit die Entwicklung von neuartigen Tragwerksformen und -konzepten, die nicht nur auf die erwähnten Forschungsaspekte abzielen, sondern generell in Zusammenhang zu den Forschungsschwerpunkten der einzelnen ITA-Disziplinen stehen.

### Effizient und ressourcenschonend

Um den Landverbrauch minimal zu halten, positionierte man den Bau auf dem ETH-Campus Hönggerberg nicht auf der grünen Wiese, sondern setzte ihn auf die bestehende unterirdische Parkgarage. Die damit verbundenen Einschränkungen betreffend Leitung der Kräfte durch die bestehende Tragstruktur einerseits und die beschränkten Fundationsmöglichkeiten andererseits löste man mit einer Leichtbaukonstruktion – in bestem Einklang mit den eingangs erwähnten Schwerpunkten.

Analysiert man die Effizienz der Materialien in Bezug auf ihr Tragverhalten, stellt man fest, dass zwei Aspekte im Vordergrund stehen: einerseits die Festigkeit und andererseits die Steifigkeit des Mate-

The planners at ETH Zurich's Institute for Structural Design and structural engineers from Dr. Lüchinger + Meyer Bauingenieure AG drew on a broad array of research findings for the construction of the Arch\_Tec\_Lab building, some being directly applied to its structure. The prime objective was to optimise load transfer while using the fewest possible building materials.

≡ To this end, efforts were made to choose the right material to reinforce the building's structure. A second objective, intimately linked to the first, was to maximise the available space in relation to the volume of the building by interfering as little as possible with its load-bearing structure and deliberately integrating all the required building management systems into the design. A third objective was to use prefabrication technologies to devise new concepts for the construction industry whilst also minimising build time. In other words, the intention was to develop new types of supporting structure and designs that were not only geared to addressing the aforementioned research topics, but are in general directly linked to main areas covered by individual disciplines at the Institute of Technology in Architecture (ITA).

### Efficient and saving resources

In keeping with the need to make economical use of resources, instead of opting for a greenfield site on the ETH Zurich's Hönggerberg Campus, it was decided to construct the building on top of an existing underground car park. Naturally, this choice imposed certain limitations, regarding both the forces conveyed through the existing load-bearing structure and the options for the building's foundations, so it was clear from the start that the end result had to be a lightweight structure. This was in keeping with the prime objectives listed above.

- 1 Die Dachform folgt dem Verlauf der inneren Kräfte. | The shape of the roof was determined by the inner force flow through the structure.
- 2 Stützen und Gerippe des Abfangtischs | Supports and skeleton of the bracing table





1



2

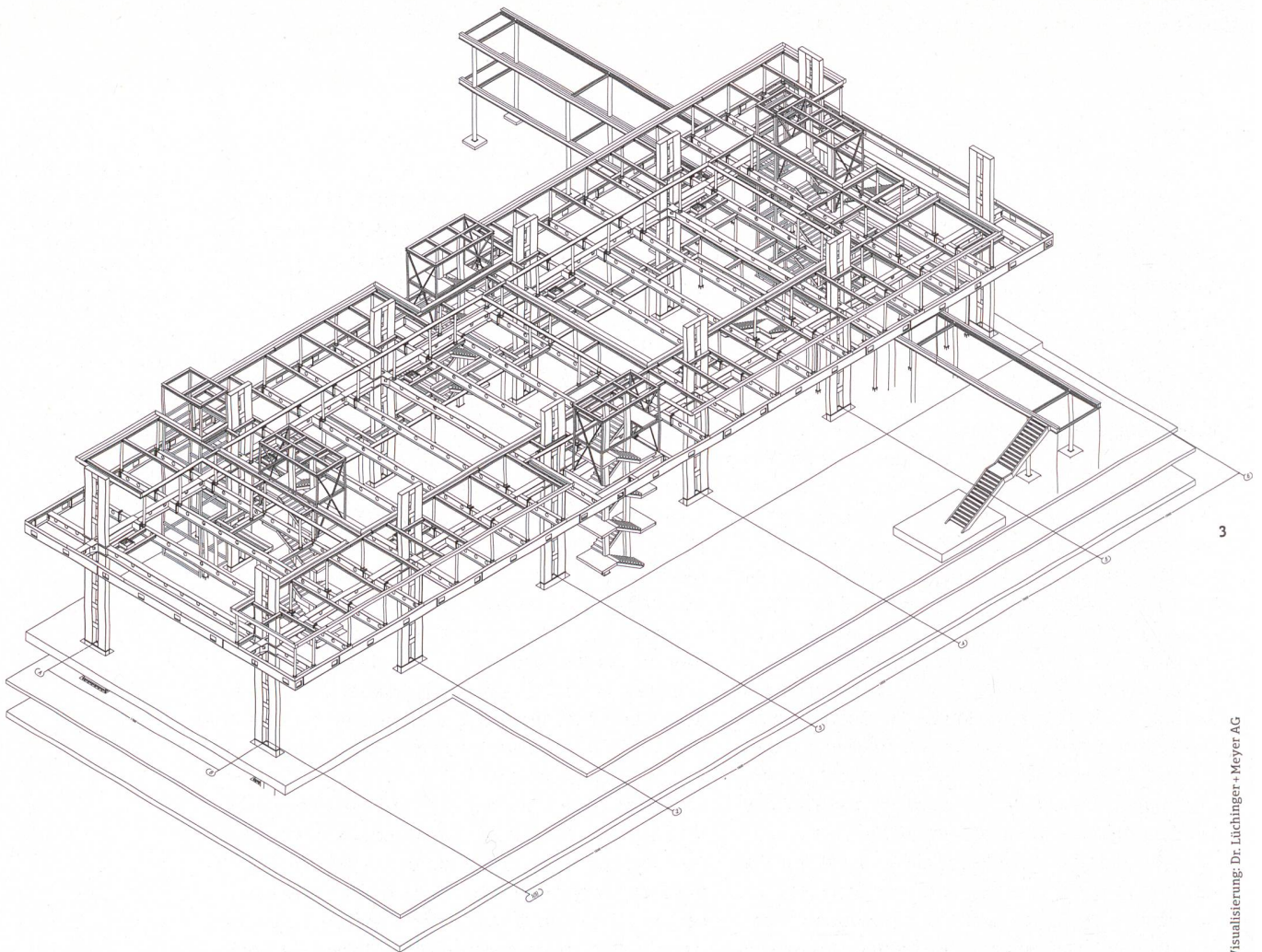
Fotos: Andrea Diglas



3 Isometrie des  
Stahlskeletts |  
An isometric view  
of the building's  
steel skeleton

rials in Abhängigkeit von seiner spezifischen Masse. Von den konventionellen Materialien weist Holz ein sehr gutes Verhältnis Festigkeit zur Masse auf, und auch in Bezug auf die Steifigkeit im Verhältnis zur Masse ist Holz nebst Stahl eines der am besten geeigneten Materialien. Aus diesem Grund entschieden sich die Planer für eine Dachkonstruktion aus Holz. Für das eigentliche Skelett des Gebäudes sowie für die sekundären Bauteile wie Podeste und Treppen verwendete man Stahl. Mit der Stahlstruktur konnte einem weiteren Aspekt, nämlich der Beanspruchung von möglichst wenig Volumen innerhalb des Bauwerks, optimal Rechnung getragen werden. Gerade in diesem Zusammenhang war die transdisziplinäre Konzeptfindung nicht nur mit der Architektur, sondern gerade mit allen am ITA vertretenen Disziplinen von entscheidender Bedeutung.

Analysis of the efficiency of materials' load-bearing capacities throws up two main points for consideration: firstly the strength and secondly the rigidity of the material, depending on its specific mass. Among conventional building materials, wood boasts a good strength rigidity ratio, and its rigidity mass ratio makes it one of the most suitable materials for use in construction, alongside steel. Accordingly, timber was used for the building's roof structure and steel was deployed for the actual skeleton of the building and secondary components like platforms and stairways. Opting for a steel framework also effectively minimised the space it took up inside the building. In this connection in particular, the transdisciplinary development of the design played a vital role, not only as regards the architecture, but also with respect to all the research domains covered at the ITA.







Fotos: Andrea Diglas

### Steif, leicht, flexibel

Dank der geschickten geometrischen Entwicklung der tragenden Elemente im Grundriss liessen sich die Eingriffe in den beiden bestehenden Garagenuntergeschossen auf ein Minimum beschränken. Lediglich im Bereich der Durchleitung der grossen konzentrierten Stützenlasten mussten die bestehenden Untergeschosswände ergänzt und verstärkt beziehungsweise lokal durch mit Beton gefüllte Stahlhohlkörper ersetzt werden. Dies gilt auch für die direkt an die Stützen angrenzenden Bereiche der Bodenplatte. Dank der steifen Ausbildung der bestehenden Untergeschosse boten sich diese zur Einspannung der darüber liegenden Stahlstützen sowie zur Ableitung von Kräften in den Baugrund an, und zwar sowohl der vertikalen Einwirkungen infolge Eigen- und Nutzlasten als auch der horizontalen Einwirkungen infolge Wind und Erdbeben.

So tragen die Doppelstützen – zusammen mit der als Tischplatte ausgebildeten Decke über der grossen Versuchshalle – zum einen die vertikalen Einwirkungen ab, zum anderen übernehmen sie auch die gesamte Aussteifung des Gebäudes unter horizontalen Einwirkungen. Die kräftigen, mit Kastenprofilen ausgebildeten Doppelstützen weisen dank ihrer Vierendeel-Tragwirkung eine sehr grosse Steifigkeit auf. Um auch in Gebäudequerrichtung genügend Widerstand sicherzustellen, sind die beiden Doppelstützen

### Rigid, light and flexible

The shrewd geometric configuration of load-bearing elements in the layout minimised the intervention required on the two floors of the existing underground car park. All that had to be done was to reinforce the existing underground walls where heavy prop loads were concentrated, either by strengthening them or, in places, by replacing them with hollow steel structures filled with concrete. The same applies to the parts of the base plate immediately adjoining the supports. Once reinforced, the existing underground storeys formed a suitable foundation for the steel stanchions above and also served to conduct into the soil any vertical forces exerted by dead and effective loads and horizontal forces exerted by wind and earthquakes.

Accordingly, together with the “tabletop ceiling” over the large testing hall, the double supports, not only deflect vertical forces, but also shore up the whole structure against the impact of horizontal forces. Thanks to their Vierendeel load-bearing effect, the tube-profiled double supports are extremely rigid. To guarantee the building’s sufficient horizontal resistance, unlike all the other supports both the double supports at the ends of the structure are transversely oriented. The empty space in between serves as a conduit for cables that can be channelled further in the hollow ceiling. Dispensing with

- 4 Verbund des Stahlbaus mit den Decken der bestehenden Tiefgarage | Interface between the steel construction and the ceilings of the existing underground car park
- 5 Montage des Stahlbaus | Assembly of the steel structure

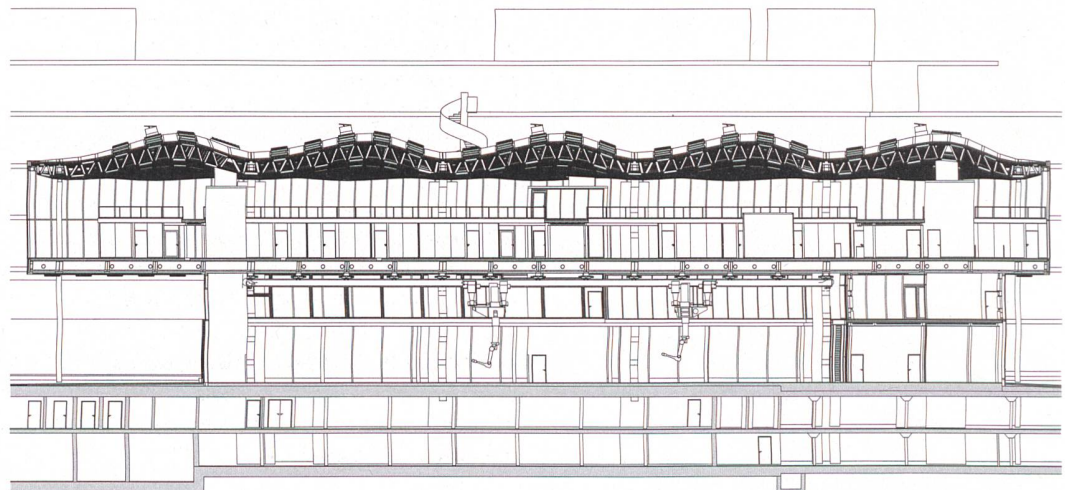
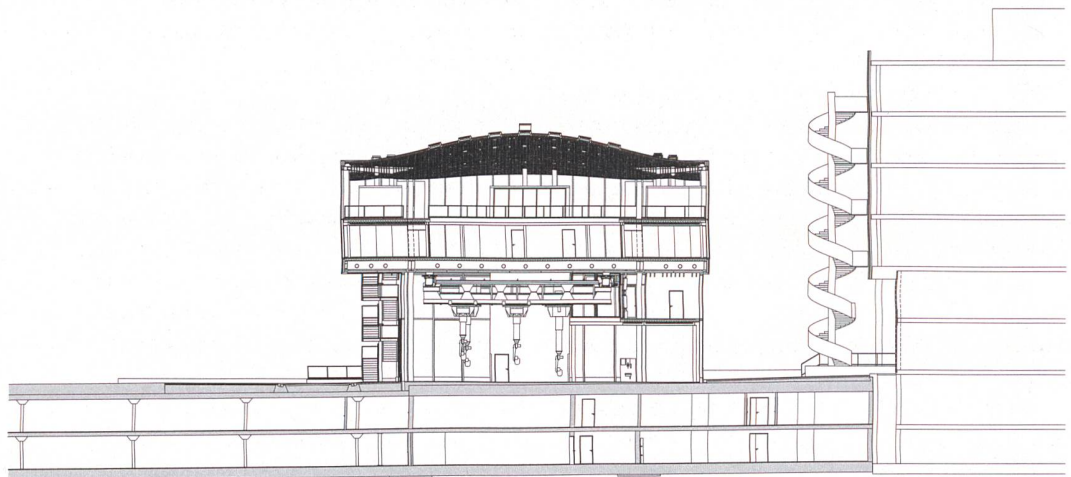


zen an den Gebäudeenden im Gegensatz zu den restlichen Stützen quer zum Gebäude ausgerichtet. Der jeweilige Zwischenraum beherbergt die Leitungen, die in der raumhaltigen Abfangdecke weitergeführt werden können. Weil man auf aussteifende Kerne und Wände verzichtete, konnte Material gespart und eine hohe Nutzungsflexibilität erzielt werden.

Das Konzept der Abfangdecke über der Produktionshalle wurde unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Prämissen der Leichtigkeit, der Maximierung des verfügbaren Raums und der Vorfabrikation entwickelt. So schloss man den Boden der Abfangdecke mithilfe von vorgefertigten Elementen aus Leichtbeton. Eine auf Trapezbleche gegossene Leichtbetonplatte bildet die Oberseite der Abfang-

bracing cores or walls not only saved material, but also guaranteed a high degree of long-term flexibility with respect to the building's use.

The design of the bracing ceiling over the production floor was developed to take account of the aforementioned requirement for lightness, the desire to maximise the available space below and the use of prefabrication. Thus the base of the bracing ceiling was finished with prefab lightweight concrete elements. The upper surface of the bracing ceiling was finished off with a lightweight concrete slab poured into trapezoidal plates which complement the load-bearing function of the steel girders and substantially contribute towards the rigidity of the entire construction. The multi-robotic system, with its



- 6 Querschnitt |  
Cross section  
7 Längsschnitt |  
Longitudinal section



decke. Sie wirkt im Verbund mit den Stahlträgern und trägt wesentlich zur Steifigkeit der gesamten Konstruktion bei. Die Roboteranlage mit ihren ausserordentlich hohen Anforderungen an das Verformungs- und Schwingungsverhalten des Gebäudes befestigte man direkt an der Abfangdecke.

### Innovativ, aber nicht ausgereizt

Auch das Dach stand unter der Prämisse des Leichtbaus, daher folgt die Dachform dem Verlauf der inneren Kräfte. Entsprechende doppelt gekrümmte Schalenformen können einen beträchtlichen Teil der äusseren Lasten mithilfe von inneren Druck- und Zugkräften abtragen. Aus diesem Grund wurde in der Bauprojektphase in enger Zusammenarbeit mit dem CAAD-Lehrstuhl Konzeptstudien durchgeführt, um eine Form zu finden, die sowohl statische Anforderungen als auch funktionale und ästhetische Aspekte berücksichtigt (vgl. «Digitale Fabrikation: Das sequenzielle Dach», S. 32).

Weiter untersuchten die Planer verschiedene Baumaterialien auf ihre Tauglichkeit im Zusammenhang mit den entwickelten Formen, darunter sowohl konventionelle als auch innovative Materialien wie Kunststoff oder Faserbeton. Betreffend Leichtigkeit und Effizienz erwies sich das Material Holz als prädestiniert. Leider ist es in der Ausführungsphase nicht gelungen, die doppelte Krümmung des Dachs tragwerkstechnisch gebührend zu berücksichtigen. Die seriell aneinandergereihten, im Schnitt leicht gekrümmten, fachwerkartigen, zusammengenagelten Holzträger tragen die Lasten nur in einer Richtung auf stählerne Randträger ab.

Die Herausforderungen an die digitale automatisierte Fertigung der Dachkonstruktion waren gross – die weitgehend vorgegebenen Herstellungsmöglichkeiten offenbarten aber im Hinblick auf die Schalentragswirkung noch Forschungspotenzial. ≡



Foto: Andrea Diglas

exceptionally high demands on the building's deformation and vibration behaviour, was affixed directly to the bracing ceiling.

### Innovative, but not taken to the limit

The roof was also developed to take account of the requirement for lightness. This was done by pursuing the strategy of adapting the shape of the roof to the flow of forces within the building. Corresponding double curved shell shapes have the advantage of using internal pressure and tensile forces to channel away a high proportion of any external loads. For this reason, design studies were carried out during the project phase in close cooperation with the Chair for Computer-Aided Architectural Design (CAAD) to find a shape that met structural requirements whilst also serving functional and aesthetic purposes (see "Digital Fabrication: The Sequential Roof", p. 32).

Furthermore, the serviceability of various building materials – both conventional and innovative materials, like plastic and fibre-reinforced concrete – was analysed in connection with the various designs. However, the relative lightness and efficiency of wood made it the best option. Unfortunately, during the building's execution it proved impossible to take due account of the double curved roof's load-bearing properties, wherefore the serially configured timber beams, which are slightly curved in cross-section and are nailed together to form what resembles a framework, only channel loads in one direction: to the steel girders at the edge. Even though the automated digital fabrication of the roof structure posed some major challenges, where its structural design is concerned, extensive research will be required to optimise the load-carrying capacity of the building's shell within the context of largely predetermined manufacturing possibilities. ≡

8 Die Erschliessung zwischen den Geschossen erfolgt mehrheitlich über Stahltreppen. | Most access between floors is by steel staircases.