# eQUILIBRIUM

# An interactive, graphic statics-based learning platform for structural design Prof. Dr. Philippe Block & Dr. Tom Van Mele, D-ARCH



# Exercises

Save as PDF



# Self-Study

edit view

downloads

Entwurf 3\_Dachsysteme (pdf)

Entwurf 3\_Publikationen (pdf)

Vorlage A2\_Endabgabe (indd)

Vorlage A2\_Endabgabe (pdf)

Plan der Endausstellung

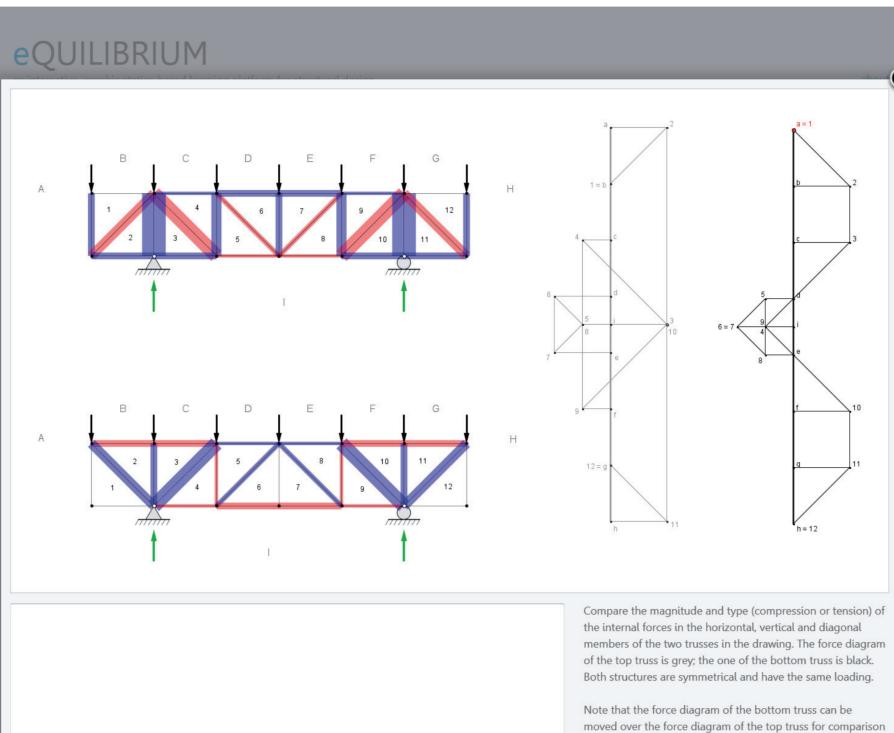
Zeitplan Schlusspräsentation (pdf)

Beispiel-Projekt von letztem Jahr (pdf)

Fig. 1: Foto Campus ETH Hönggerberg

Projekt 3\_Text (pdf)





by dragging the red point.

What happened to the forces in the corresponding truss

### eQ » my account » Kursen » Tragwerksentwurf II » Projekten »

### P3: Ein weitgespanntes Dach

### 15.03.12 @ 18:00 — 07.05.12 @ 08:00

Dieser auf mehrere Wochen verteilte Entwurf verfolgt das Ziel, die im Tragwerksentwurf I+II erhaltenen Kenntnisse in einem eigenen Tragwerksentwurf umzusetzen. Das ITA (Institut für Technologie in der Architektur) braucht einen gedeckten Platz, um seine großen Bauprototypen zu bauen und zu testen. Bilden Sie Zweiergruppen innerhalb ihrer Koje und entwerfen Sie das weitgespanntes Dach für diese Forschungshalle auf dem Science City Campus.

### Entwurfsziel

Das zu entwerfende weit gespannte Dach befindet sich auf dem ETHZ Hönggerberg (Fig.1 & Fig.2). Dieser Bauplatz ist gut erschlossen und kann als ebene Fläche betrachtet wird. Das Ziel des Entwurfs ist eine Fläche von 60 x 40 m mit einem stüztenfreien Bereich von 50 x 30 m zu überdecken (Fig.3). Die Halle soll eine minimale Lichthöhe von 6m haben und die maximale Gesamthöhe der Struktur darf 9m nicht überschreiten.

Für die Verschiebung grosser Lasten innerhalb der gedeckten Fläche soll es möglich sein, ein Roboterkran mit einer maximalen Nutzlast von 100 kN, an jeweils einem der drei angegebenen Stellen auf der Diagonale des Daches aufzuhängen (Fig.3). Diese Einzellasten können gleichzeitig oder nur an einer Stelle vorhanden sein.

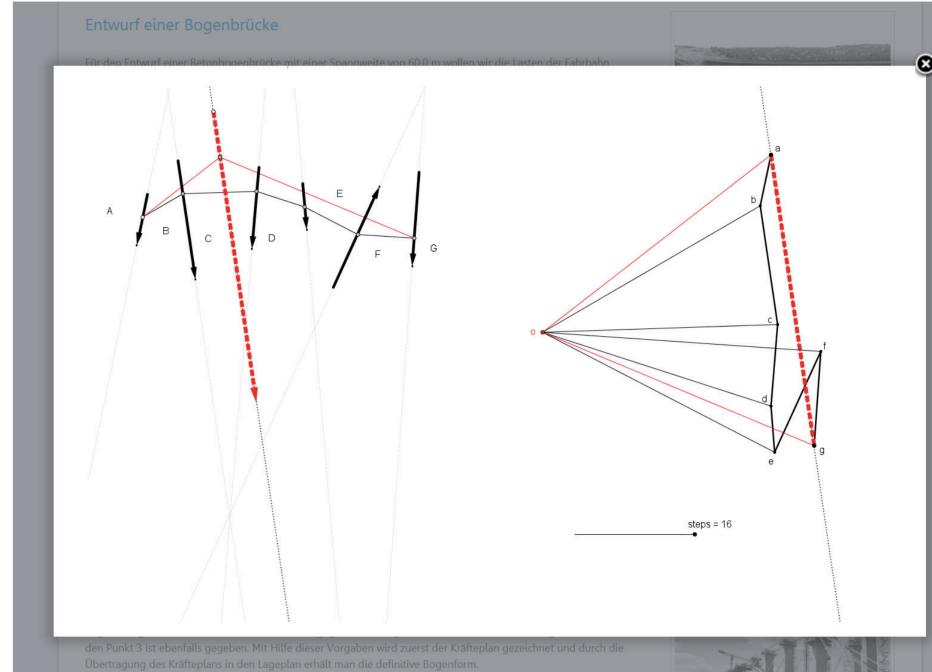
Flexibilität, Erweiterbarkeit und eine nutzungsgerechte Gestaltung sind entscheidende Faktoren aus architektonischer Sicht. Konstruktion, Modularität, Dimensionen, Massstab und Stabilität der Tragstruktur sind die wichtigsten Fragen der Übung.

Am Anfang steht die Suche nach Referenzobjekten, um die Entwicklung des Strukturkonzeptes zu unterstützen. Solche Referenzobjekte können helfen die Aufgabe besser zu verstehen und schneller und genauer zu lösen. Zur Unterstützung finden sie in der Baubibliothek einen Handapparat mit ausgewählten Publikationen (siehe Liste Publikationen).

### Entwurfsanforderungen

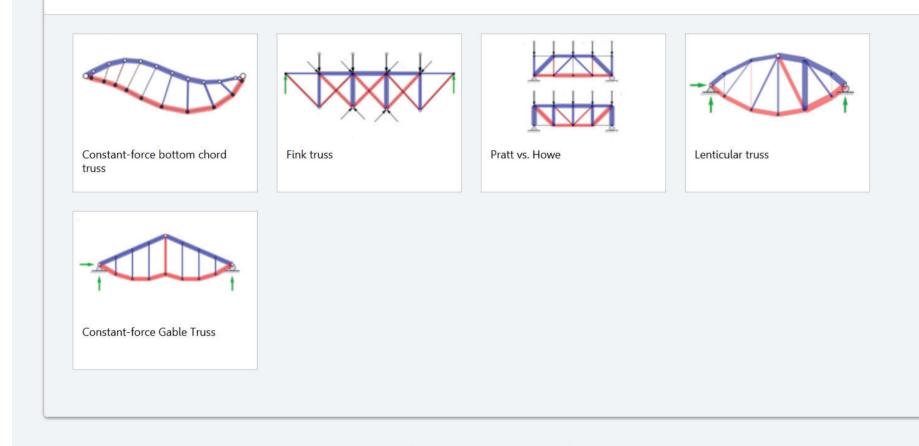
Konzept: Die Effizienz des Tragwerks, Modularität, Größenordnung und Maßstäblichkeit werden beachtet.

<u>Stabilität</u>: Das Tragwerk soll seine Eigenlast, den Kran von 100 kN sowie eine Schneelast von 1,5 kN/m² tragen. Des Weiteren sollte die Struktur asymmetrische Lasten aufnehmen können und gegen horizontale Kräfte wie z.B. Wind ausgesteift sein.



Click here to open the interactive drawing that shows the graphical solution. Use the slider in the bottom rig

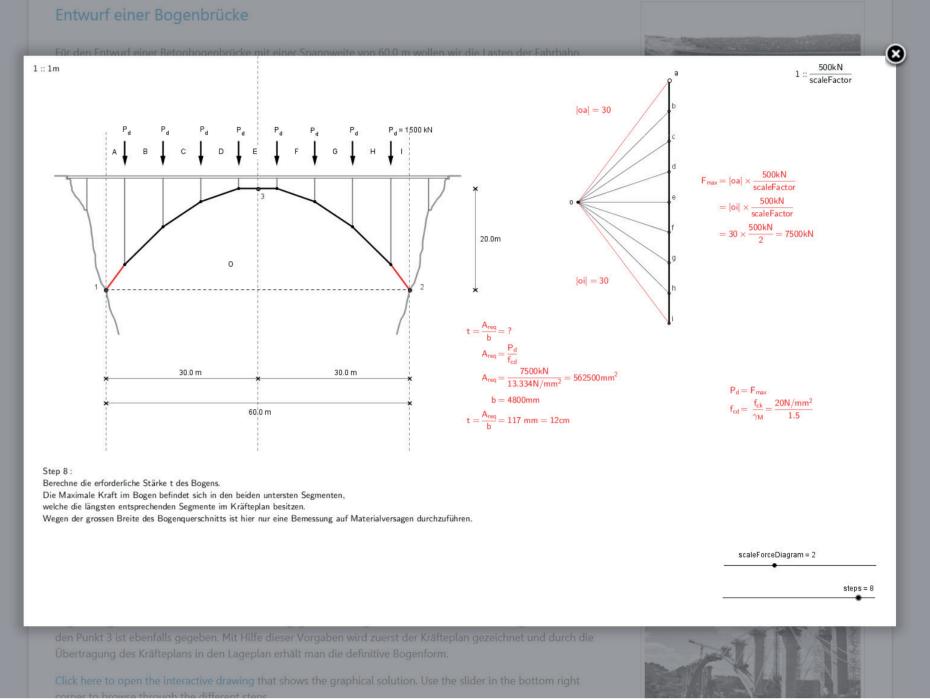




>> Lectures are available as interactive slideshows and downloadable notes pages >> Links to relevant interactive drawings in the repository (loaded in modal screens such that drawings can be explored without leaving the lecture page) >> Links to the "topics" section of the website for background information >> During the exercises, the different concepts, principles and techniques of structural design introduced in the lectures are put into practice under guidance and supervision of the teaching team >> The use of interactive, parametric drawings allows explorations of structural behaviour that go beyond the possibilities of pencil and paper, through which the students develop an intuitive understanding of the relationship between form and forces in structural systems



Design projects are an important aspect of the cognitive learning strategy of eQUILIBRIUM: >> Learnt concepts, principles and techniques are applied to the students' own design problems >> Students learn to choose and develop an appropriate, efficient and expressive structural system for a given design challenge



Facilitate continued active learning outside course hours by providing: >> continuous access to all course-related material >> step-by-step tutorials for drawings and exercises >> interactive example exams and exercises >> downloadable tools for graphic statics in GeoGebra >> background information about graphic statics, geometric construction and structural design



2010	2011		2012		2013		2014		2015
Platform developme - continuous mainte		lopment of the custom-desigr	ed web development fr	amework and content n	nanagement systen	n written in PHP; integrat	ion of the latest HTML	5 and CSS 3 standards a	and technnologies
Trials - user interface trials - isolated trial exercis	erface trials - restricted access to lecture I trial exercise sessions projects for students in Str - public access to interactive example exercises		ructural Design I & II	eQUILIBRIUM 2 - step-by-step examp - graphic statics tuto - GeoGebra tools	xample exercises - GeoStat integration tutorials - public courses		<ul> <li>interactive translations of key reference works on graphic statics in the "books" section</li> <li>extension and development of the "topics" section</li> </ul>		
				Trials - graphic statics func to GeoGebra	ctionality added	GeoStat 1 - 2D support - integration in eQUILI - layer & object manag		GeoStat 2 - 3D support - use for student proj Design I & II	jects in Structural

# Didactic concept and technology

eQUILIBRIUM is an interactive, web-based platform driven by a content management system and web development framework specifically designed for teaching	eQUILIBRIUM
structural design using interactive graphic statics-based drawings. It provides students with a fully integrated learning environment, in which they can actively	Philippe Block
develop an intuitive, geometry-based understanding of structures and learn how to use the relation between form and forces to design efficient and expressi-	Tom Van Mele
ve structures. Currently the eQUILIBRIUM framework is being extended with the required functionality to enable full integration of the student design projects	Claudia Ernst
in the eQUILIBRIUM platform. This entails the development of a state-of-the-art graphic statics drawing tool, GeoStat, which allows constructive alignment of all	Lukas Ballo

## Team

UILIBRIUM	Structural Design I & II
ilippe Block	Philippe Block
m Van Mele	Gianni Birindelli
audia Ernst	Michaela Burch

Marcel Aubert

in the eQUILIBRIUM platform. This entails the development of a state-of-the-art graphic statics drawing tool, GeoStat, which allows constructive alignment of all learning objectives and performance assessments within eQUILIBRIUM. GeoStat will be an online CAD drawing environment for graphic statics built on the parametric geometry engine and interface of GeoGebra.

Graphic statics is a powerful method for equilibrium design and analysis developed at ETH Zurich in the 19th century by Professor Carl Culmann. By using force polygons and simple geometric construction techniques, this graphical method provides intuitive, visual information about the relationship between form and forces in a structure, and rapid and accurate solutions for both analysis and design.

Geogebra is an open source and freely available geometry and algebra tool with a dynamic, graphical user interface. The graphic statics constructions are created in GeoGebra and then exported to an applet and embedded in a web page. Both in GeoGebra and in the applets, the objects making up the construction can be dynamically changed, allowing the "relation between form and forces" to be interactively explored with real-time, intuitive and visual feedback.

# Innovedum Anlass, 7. und 21. November 2012

LET - Lehrentwicklung und -technologie, HAD, 8092 Zürich

# Target Group

Architecture students Structural Engineering students Architecture professionals Structural Engineering professionals Researchers

# www.innovedum.ethz.ch

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Swiss Federal Institute of Technology Zurich