

Rolex Learning Center in Lausanne

Architekten:

SANAA, Tokio

Kazuyo Sejima, Ryue Nishizawa

Tragwerksplaner:

SAPS Sasaki and Partners, Tokio (Konzept)

Bollinger und Grohmann, Frankfurt

Walther Mory Maier, Münchenstein

BG Ingénieurs Conseil, Lausanne

Losinger Construction, Bussigny

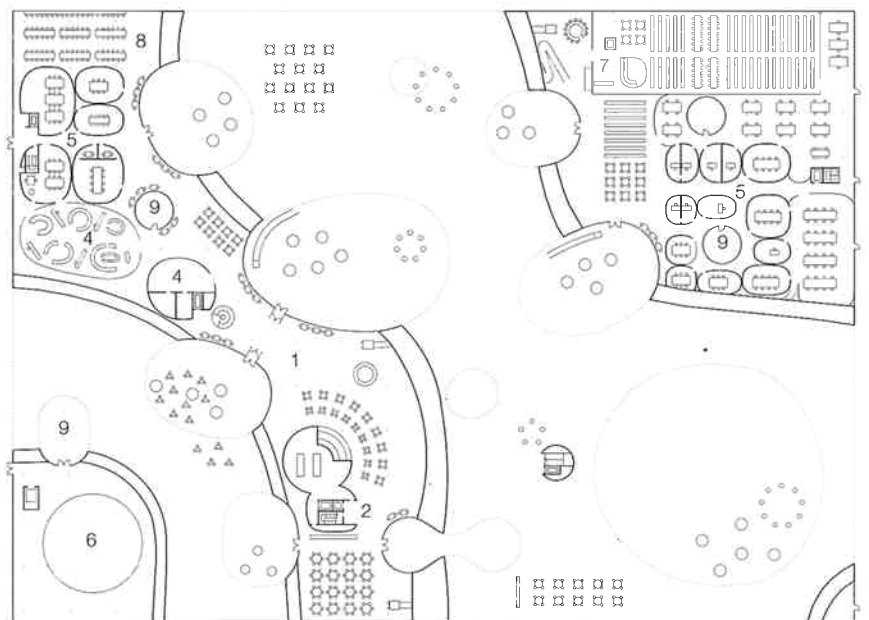
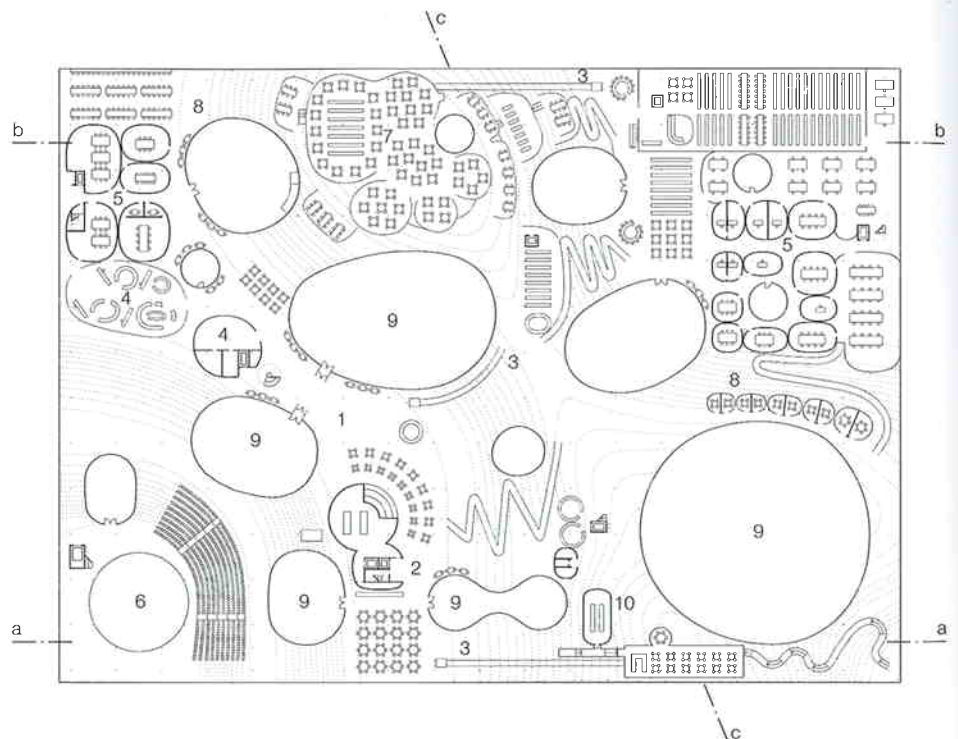
weitere Projektbeteiligte S. 549

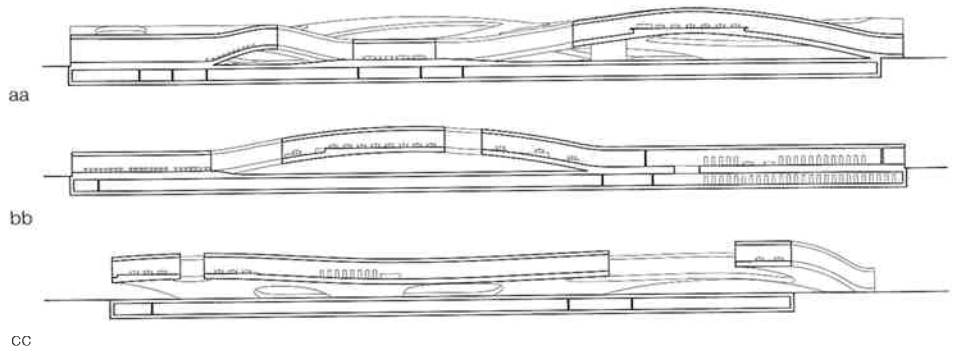
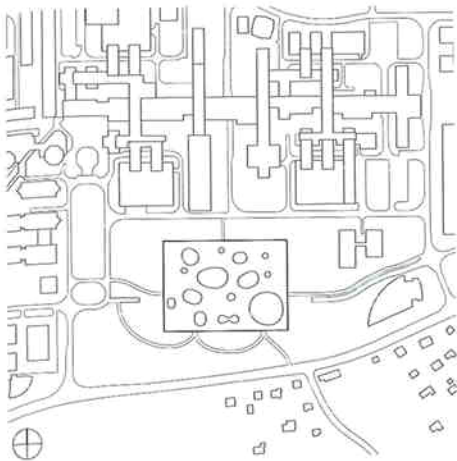
 DETAILplus: weitere Fotos
www.detail.de/0270



Die Lage der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) am Nordufer des Genfer Sees ist einzigartig. Segelboote ziehen elegant ihre Linien durch das stahlblaue Wasser vor der Kulisse mit Gletschern bedeckter, über 4000 Meter hoher Gebirgsmassive. Einzigartig ist auch das neue Herz des Campus: ein durchlässiges Rechteck von 166 x 121 m Seitenlänge, gewellt wie die Hügel der umgebenden Moränenlandschaft, aus dem 14 runde Patios mit Durchmessern von 7 bis 50 m wie ausgestanzt scheinen. Das Programm des Learning Centers vereint auf 17 000 m² auf einem Geschoss unterschiedlichste Funktionen, um den interdisziplinären Austausch der Wissenschaftler zu fördern und mit einem attraktiven Ambiente internationale Spitzenforscher anzuziehen. Mit ihrem unkonventionellen Konzept und der organischen Formensprache verkörpert die Raumskulptur in idealer Weise die Werte der Hochschule und wird zu deren Logo für Transparenz, Vernetzung und Innovation innerhalb eines geregelten Rahmens.

Was aber ist ein Learning Center? Es handelt sich um einen Mikro-Campus innerhalb des Campus. In einem einzigen Großraum sind eine Bibliothek, Arbeitsplätze, Büros, Cafés, ein Restaurant, ein Buchgeschäft, eine Bankfiliale und ein multifunktionales Auditorium untergebracht, und das alles beinahe ohne Trennwände, Türen und Flure. Von der Tristesse üblicher Großraumbüros kann freilich keine Rede sein. Aus-, Ein- und Durchblicke nach allen Seiten, Aufweitungen und Verengungen, vor allem aber die bis zu 30° steilen Bodenwellen, die meist von der geschwungenen Decke begleitet werden, machen die 3,30 m hohen Räume zu einem heiteren Erlebnisparcours. Aus der Tiefgarage taucht der Besucher in einem Glasaufzug auf und kann über drei eigens entwickelte Schrägaufzugsplattformen jeden Bereich erreichen. Wie Aussichtsterrassen ermöglichen ebene Aufbauten eine Bestuhlung auch dort, wo die Bodenplatte geneigt ist. Je nach Anforderung sind die eingestellten, gerundeten Einbauten entweder offen, mit einem Schleier aus weißem Streckmetall vor Zutritt





Lageplan Maßstab 1:10000
Grundrisse • Schnitte Maßstab 1:1500

Site plan scale 1:10000
Floor plans • Sections scale 1:1500

geschützt, mit transparenten Glasscheiben akustisch getrennt oder mit Gipskartonwänden geschlossen. Ein Freiraum besonderer Qualität für Außenbereiche des Cafés und unterschiedliche Aktivitäten befindet sich unter den edel glänzenden Betonschalen, deren höhlenartige Gewölbe wie eine sechste Fassade wirken. Hier ist zwar der Boden eben, der Wechsel von hell zu dunkel und von hoch zu niedrig jedoch noch extremer als im Gebäude selbst. Den ambitionierten Entwurf in die Realität umzusetzen und die angestrebte Leichtigkeit und Transparenz zu erhalten erforderte höchste Anstrengungen. Kaum jemand vermutet, dass das Dach aus Stahl- und Holzträgern errichtet wurde.

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1 Haupteingang | 1 Main entrance |
| 2 Café, Bar, Mensa | 2 Café, Bar, Cafeteria |
| 3 Schrägaufzug | 3 Inclined lift |
| 4 Bank, Buchladen | 4 Bank, Bookshop |
| 5 Büros | 5 Offices |
| 6 Multifunktionsfläche | 6 Multi-purpose area |
| 7 Bibliotheksterrassen | 7 Library terraces |
| 8 Arbeitsplätze | 8 Workspaces |
| 9 Patio | 9 Patio |
| 10 Restaurant, Seeblick | 10 Dining with lake view |

The location of the university on the north shore of Lake Geneva, with a backdrop of glacier-covered mountains exceeding the 4000 m mark, is unparalleled. The new heart of the campus is also one-of-a-kind: a porous rectangle undulating like the hills in the surrounding moraine landscape is perforated by fourteen rounded patios. The Learning Center unites a wide variety of functions on the main level in order to foster trans-disciplinary exchange of ideas among the scientists and attract top international researchers. With its unconventional concept and the organic formal language, the explorable sculpture embodies the university's mottos and becomes its logo for transparency, interconnectedness and innovation within an ordered framework. The centre is a micro-campus within a campus. A library, workspaces, offices, cafes, a restaurant, a bookshop, a bank branch and a multi-functional auditorium are all located in an open space almost completely devoid of partition walls, doors or corridors. These spaces, of course, have nothing in common with

much-maligned open-plan office layouts. Views open up in all directions: into, out of, and through the space, which widens and narrows, but above all, whose undulating floor is sloped as much as 30° and is typically followed by the contoured ceiling. From the subterranean parking garage, visitors to the building pop up, via a glazed lift, into the space: three platforms were developed for this building's inclined lift and connect all of the different levels and areas. Flat plateaus facilitate seating where the floor slab is sloped. The curved built-in units placed in the space are either open (and veiled in metal mesh to control accessibility), acoustically separated with transparent panes of glass, or enclosed by plasterboard walls. An outdoor space accommodates seating for the café and activities in the cave-like area below the concrete shells. The floor is level here, the change from light to dark and from high to low even more pronounced than inside the building. Although the roof may appear to be a concrete slab, it was constructed of steel and timber beams.



Das Gespräch mit den Architekten führte Frank Kaltenbach.

The interview was conducted by Frank Kaltenbach.



1



2

**»Architektur soll sein wie eine Landschaft«
– ein Gespräch mit SANAA**

Detail: Ihr Gebäude ist sehr ungewöhnlich, üblicherweise haben Universitätsgebäude ebene Decken und Böden, Flure und Türen.

Ryue Nishizawa: Die Idee mit den gewellten Ebenen hat sich aus der Aufgabe entwickelt. Das Grundstück hat zwei grundsätzlich unterschiedliche Seiten: Im Norden liegen die Universitätsgebäude, im Süden der Genfer See mit den Alpen im Hintergrund. Die Verbindung der Hochschule zum Ufer sollte auf keinen Fall abgeschnitten werden.

Kazuyo Sejima: Sie müssen bedenken, das Gebäude ist 166 m lang und 121 m breit. Wir wollten ein Gebäude, bei dem alle Funktionen auf einer Ebene übersichtlich erreichbar sind, gleichzeitig jedoch ein durchlässiges Zentrum schaffen.

Ryue Nishizawa: Außerdem kommen die Studenten aus allen Richtungen, wir wollten aber nur einen zentralen Eingang schaffen und der sollte in der Mitte des Gebäudes liegen. Doch wie macht man das bei einem eingeschossigen Bau? Eine Anforderung war, dass man sowohl von der Bibliothek als auch vom Restaurant von erhöhtem Standpunkt über den See blickt. Übereinander gestapelte Geschosse mit Treppen lehnten wir aber ab, deshalb verbanden wir »Erdgeschoss« und »Obergeschoss« über kontinuierlich geneigte Böden und Decken. So ist die gewellte Form entstanden.

Detail: Die Topografie ist in der Praxis nicht ganz unproblematisch.

Ryue Nishizawa: Natürlich ist es für manche Menschen beschwerlich, ständig innerhalb eines Geschosses auf und ab zu gehen, es macht aber auch Spaß. Im Multifunktionsraum dient das Gefälle wie ein natürlicher Hügel für die Sitzreihen, das ist sehr praktisch. Man blickt hinaus auf den See und fühlt sich als Teil der Landschaft.

Detail: Und die Decke ist wie der Himmel?

Kazuyo Sejima: Wenn Sie die geschwungene Decke betrachten, werden Sie bemerken, dass die Flächen ganz ungestört sind. Wir haben sämtliche Einbauten ferngehal-

5

ten, um diesen durchlaufenden Eindruck zu bewahren. Die einzelnen Funktionsbereiche sind über unterschiedliche Lichtstimmungen zониert. Dabei verändert sich die Decke nicht nur mit dem Tageslicht, sondern strahlt auch das Kunstlicht zurück in den Raum, ganz gleich ob es von Fassadenstrahlern, Tischleuchten oder Bodenleuchten ausgeht.

Detail: Besonders reizvoll sind die runden Höfe, sie erschweren jedoch die Orientierung, da die vier Hauptrichtungen aufgelöst werden.

Kazuyo Sejima: Die Höfe schaffen auch in der Mitte des Gebäudes Kontakt zur Außenwelt und sorgen für Durchlässigkeit der Freibereiche unter der Betonschale. Natürlich

kann man das Gebäude nicht in seiner gesamten Länge überblicken. Durch die Krümmungen in Boden und Decke sieht man nur bis zum nächsten Hügel. Erst wenn man das Gebäude durchwandert, erschließt sich die Organisation. Man beginnt, sich wie in einer Landschaft zu orientieren.

Detail: Was möchten Sie mit Ihrem architektonischen Konzept erreichen?

Ryue Nishizawa: Wir sind selbst gespannt, wie sich die Nutzer die unkonventionellen Räume auf unterschiedlichste Weise aneignen werden. Wir wünschen uns, dass die Offenheit zu Kontakt und Austausch anregt und neue Aktivitäten stimuliert.





3



4

Detail: Your building is quite unusual: university buildings typically have flat floors and ceilings, as well as corridors and doors. *Ryue Nishizawa:* The idea to use undulating planes developed out of the task. The site has two very different sides: university buildings to the north and Lake Geneva and the Alps to the south. The connection between the university and the lake had to be maintained. *Kazuyo Sejima:* You have to consider that the building is 160 m long and 120 m wide. We wanted a one-storey building in which all functions are visible and accessible; we also wanted to create a porous student centre. *RN:* Plus, the students come toward the building from all directions – and we wanted

only one main entrance. How could we make that work in a one-storey building? One requirement was that the library and restaurant be raised in order to offer a view of the lake – but we rejected stacked levels linked with stairs. That's why we connected the ground level and upper level via sloped floors and ceilings. That's how the wave came about.

Detail: Yet this topography has its drawbacks. *RN:* Of course it is difficult for some people to move up and down the sloped surfaces. But the inclines also provide pleasure, and in the multi-purpose area, the slope is akin to a natural hill, ideal for seating. One looks out to the lake and feels connected to the landscape.

offene Architekturlandschaft

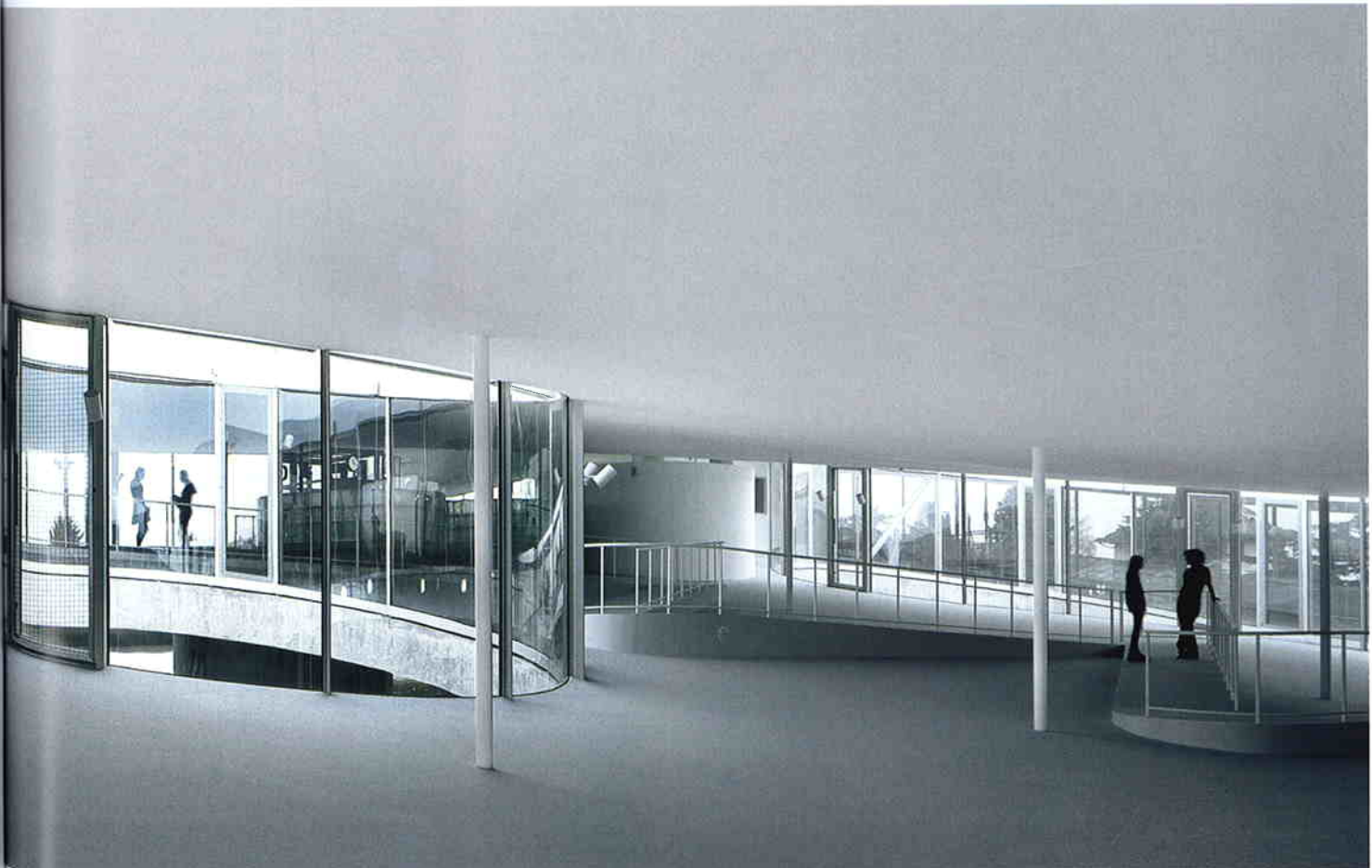
- 1 Südseite: Mensa, Bar
- 2 Nordostecke: Bürobereich
- 3 Nordwestecke: Buchladen, Büros
- 4 Südwestecke: Auditorium / Multifunktionsfläche
- 5 erster »Hügel« nach dem Empfang: rechts unten liegen Haupteingang, Multifunktionsfläche, Bar und Buchladen, oben gelangt man zum Restaurant (nach rechts) oder zur Bibliothek und den Forschungsbereichen (nach links).

Open architecture landscape

- 1 South side: cafeteria, bar
- 2 Northeast corner: office area
- 3 Northwest corner: bookshop, offices
- 4 Southwest corner: auditorium/multi-purpose area
- 5 First hill after the reception: main entrance, multi-purpose area, bar and bookshop on the lower right; the path uphill leads to the restaurant (on the right) or to the library and the research areas (on the left).

Detail: And the undulating ceiling is the sky? *KS:* If you look at the ceilings, you'll notice that the surface is completely free of interruptions – nothing has been inserted in them. The differentiated lighting zones the respective functions. The ceiling changes with daylight, but also reflects the artificial light back into the space – whether the source is a facade spotlight, a table lamp or a floor luminaire.

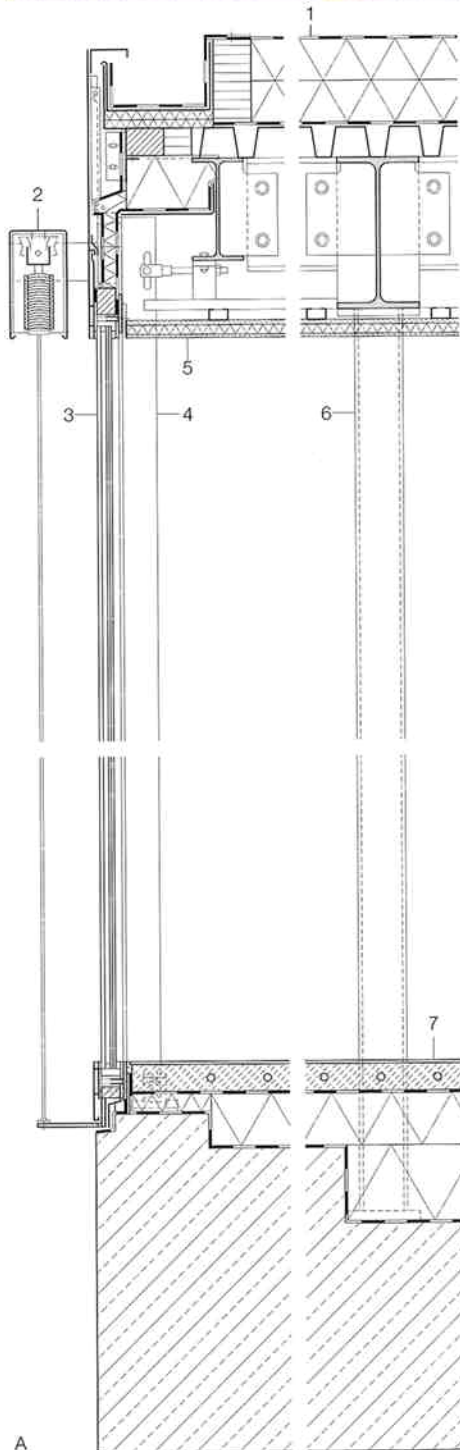
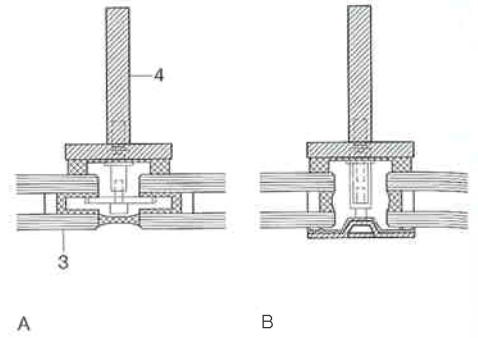
Detail: The rounded courts are particularly appealing, but it is difficult to orient oneself. *KS:* They provide contact with the outdoor world – even in the very middle of the building. Once a person traverses the whole building, she begins to understand it – like a landscape.





Schnitt Maßstab 1: 200
 Schnitt Perimeterfassade Maßstab 1:20
 Horizontalschnitte Maßstab 1:5
 A Perimeterfassade Nord-, Süd-, West-, Ostseite ebene Scheiben; Silikonfuge mit punktuell verdecktem Glashalter im SZR
 B Patiofassade: gebogene Scheiben; unterschiedliche Horizontalbewegungen von Beton-Bodenplatte und Stahl-Holz-Dach machen eine elastische Halterung mit linearen Anpressleisten erforderlich.

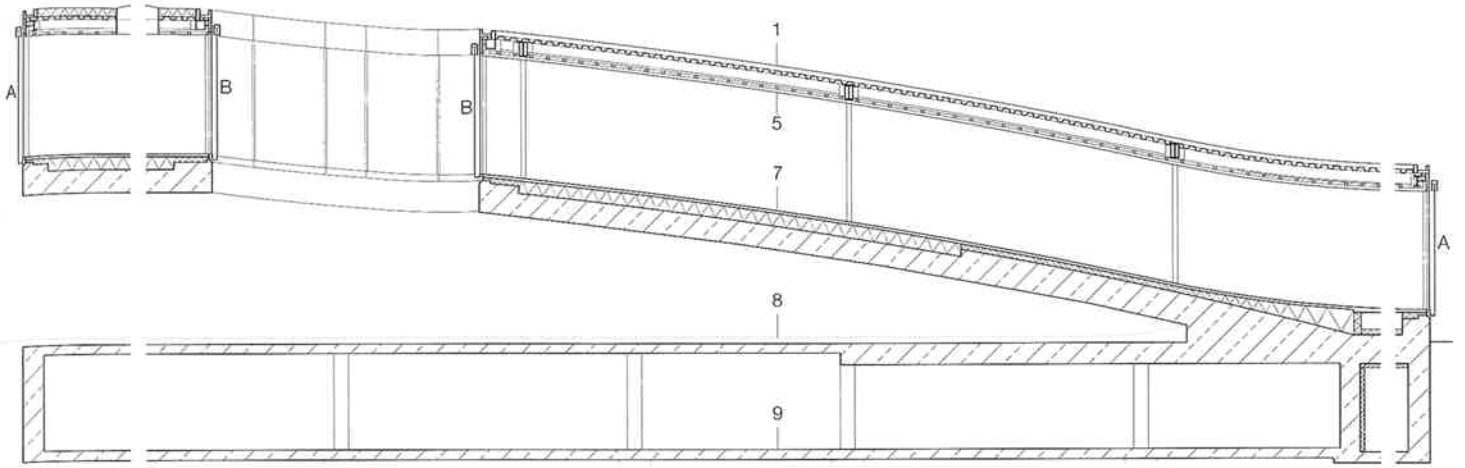
Section scale 1: 200
 Section • Perimeter facade scale 1:20
 Horizontal sections scale 1:5
 A Perimeter facade north, south, west, and east sides: flat panes. Silicon joint with concealed glass fasteners at intervals in the cavity
 B Patio facade: curved panes. Due to the different horizontal movements of the floor slab and roof, an elastic connection with linear cover strips.

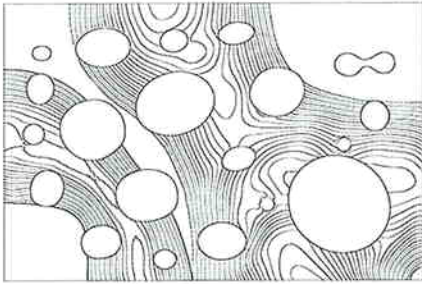


- 1 Abdichtung PVC hellgrau, Mineralwolle 220 mm, Dampfsperre
 Tragwerk ebene Bereiche:
 Trapezblech 80 mm,
 Hauptträger Stahlprofil IPE 400, Abst. 9 m, l = 9 m,
 Nebenträger Stahlprofil IPE 300, Abst. 3 m, l = 9 m
 (Tragwerk gekrümmte Bereiche:
 Trapezblech gekrümmt 26 mm
 Hauptträger Stahlprofil IPE 400 polygonal geknickt,
 Abstand 9 m, l = 9 m, Segmentlänge 3 m,
 Nebenträger BSH gekrümmt 360/200 mm, Ober-
 und Unterseite schräg gefräst l= 9 m Abst. 1,50 m)
 Windverband Flachstahl
- 2 Sonnenschutz Lamellenstore
- 3 Sonnenschutzverglasung Typ A (im Bereich Patio gebogen, Typ B) ESG 10 + SZR 14 + VSG 12 mm
 $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 58\%$
- 4 Fassadenpfosten Stahlprofil T 70/90/10 mm
- 5 Beschichtung schallabsorbierend 8 mm
 Akustikdämmung 25 mm, Gipskarton gekrümmt 12,5 mm, Unterkonstruktion Aluminiumschienen
- 6 Verbundstütze Stahlrohr $\varnothing 127 \text{ mm}$
- 7 Teppichboden, Estrich fugenlos bewehrt 80 mm, mit integrierter Bauteilheizung/-kühlung
 Folie, Wärmedämmung 350 mm, Dampfsperre
 Stahlbeton C 50/60 faserbewehrt fugenlos gekrümmt 600 mm
- 8 Kalksteinsplitt 150 mm, Abdichtung
 Stahlbeton 280 mm bzw. 600 mm am Auflager mit integrierter Vorspanneinrichtung (Zugseil der Bögen in der darüberliegenden Schale)
- 9 Bodenplatte Tiefgarage Stahlbeton 250 mm
 Bohrpfähle $\varnothing 500, 600, 900 \text{ mm}$, Tiefe 14–20 m

- 1 PVC sealant, light grey
 220 mm mineral wool; vapour barrier
 structure in flat areas:
 80 mm corrugated metal
 primary beam: steel IPE 400, 9 m interval, l = 9 m,
 secondary beam: steel IPE 300, 3 m interval, l = 9 m
 (structure in curved areas:
 26 mm curved corrugated metal
 primary beam: steel IPE 400, bent polygonally,
 9 m interval, l = 9 m, segment length: 3 m,
 360/200 mm curved glue-lam secondary beam, top
 and bottom obliquely milled, l= 9 m, 1.50 m interval)
 steel-plate wind bracing
- 2 solar-protection louvered shades
- 3 solar-protection glazing, type A (curved at patios, type B), 10 mm toughened glass + 14 mm cavity + 12 mm lam. safety gl., $U_g = 1.1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, $g = 58\%$
- 4 70/90/10 mm steel T-profile facade post
- 5 8 mm sound-absorption coating
 25 mm acoustic insulation; 12.5 mm plasterboard, curved; aluminium-rail supporting structure
- 6 $\varnothing 127 \text{ mm}$ tubular-steel composite column
- 7 carpet; 80 mm reinforced screed, jointless, with integrated heating/cooling
 foil sealing; 350 mm thermal insulation; vapour barrier
 600 mm reinforced concrete C 50/60, fibre-reinforced, jointless, curved
- 8 150 mm crushed limestone; sealant
 280 mm and 600 mm reinforced concrete on the bearing arches with integrated pre-tensioning (arch's stay in the shell above)
- 9 250 mm reinf. concrete slab on grade in garage
 $\varnothing 500, 600, 900 \text{ mm}$ auger piles, depth: 14–20 m



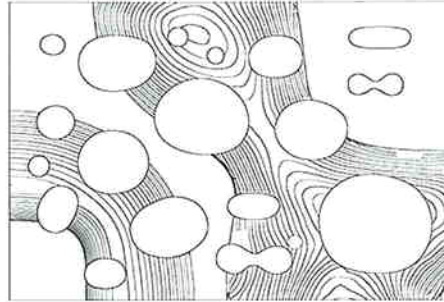




1a

Digitale Prozessketten

Die Geometrie der aufgehenden Tragwerkelemente des Rolex Learning Centers wird bestimmt durch den Verlauf einer kleineren und einer größeren Betonschale, die den Großteil der Bodenplatte des Regelgeschosses bilden und auf der Decke über der Tiefgarage angeordnet sind (Abb. 1, 4). Diese Decke dient mittels Vorspannung als horizontales Widerlager der Schalen, deren vertikale Lasten über Wände im Untergeschoss in die Gründung eingeleitet werden. Auf den gewölbten und den dazwischen- bzw. außerhalb liegenden flachen Bereichen aus Stahlbeton liegt ein leichtes Stahl-Holz-Dach mit einem Stützenraster von 9×9 m auf. Im Wettbewerb und den ersten Entwurfsphasen entwickelten die Architekten die Geometrie der Schalen und somit des Gesamtprojekts mittels physischer Modelle. Ähnlich einem Topographiemodell wurden die unterschiedlichen Höhen schichtweise dargestellt. Diese Modelle dienten als Grundlage für die ersten digitalen Pläne,



b

deren Höhenlinien aus den Schichtmodellen übernommen wurden (Abb. 1a, b). Die ersten digitalen dreidimensionalen Flächenmodelle wurden bereits aus diesen Plänen generiert und dienten als Basis für die ersten überschlägigen Berechnungen mithilfe der Finite-Elemente-Methode, für die die Flächen wiederum in feinmaschige Netze (die finiten Elemente) transformiert wurden (Abb. 2). Auf Grundlage dieser Modelle konnte die Optimierung der Form erfolgen. Entscheidend hierbei war, dass immer mit einer Gesamtfläche gearbeitet wurde, aus der die Patios herausgeschnitten wurden. So konnten Änderungen der Geometrie der Patios im Rahmen des Entwurfsprozesses schnell übernommen werden, ohne die Fläche an sich neu generieren zu müssen.

Architekturmodell versus Ingenieurmodell

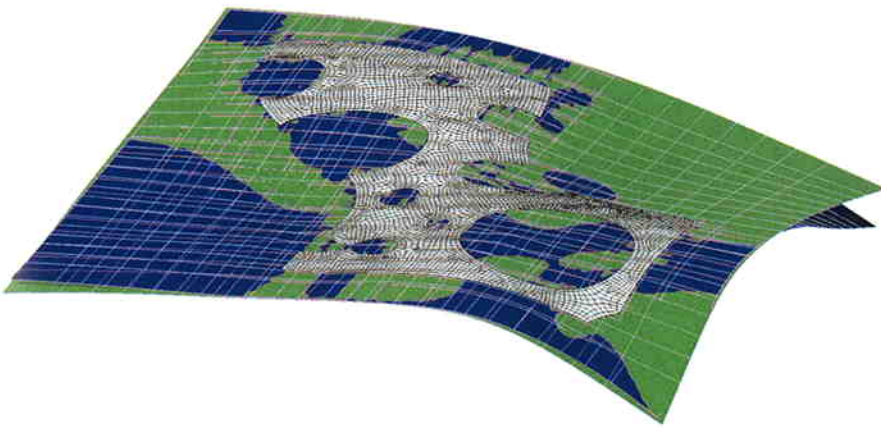
Auch die Form der Fläche war während der Planungsphasen noch Veränderungen unterworfen. Hier war eine sehr enge Abstimmung zwischen Architekten und Tragwerks-

- 1 Höhenlinienmodelle der Architekten:
 - a Wettbewerbsphase
 - b Konzept Entwurfsphase
 - 2 Krümmungsanalyse der Tragwerksplaner: Überlagerung von Flächenmodell und Finite-Elemente-Netz
 - 3 3D-Bewehrung Auflager
 - 4 Bewehrung der großen Schale, die kleine Schale im Hintergrund ist bereits betoniert
 - 5 Dachaufsicht nach Fertigstellung
-
- 1 The architects' topographical models:
 - a Competition phase
 - b Concept in design phase
 - 2 Curvature analysis by structural engineer: superimposition of surface model and finite-element network
 - 3 3D model of reinforcement at bearer
 - 4 Reinforcement of the large shell; the small shell, in the background, has already been poured
 - 5 View of roof upon completion

planern erforderlich, um die verschiedenen und zum Teil konträren Optimierungskriterien aus Tragwerk, Nutzung und Gestaltabsichten in Einklang zu bringen. So wurden zwei Modelle parallel weiterentwickelt und gepflegt: Das Architekturmodell, das die gewünschte Geometrie der Schalen abbildete, und das so genannte Ingenieurmodell, das auf einer überhöhten Fläche der Schalen basierte. Diese überhöhte Fläche nahm die planmäßig auftretenden Langzeitverformungen der Schalen vorweg, um so im verformten Endzustand des Gebäudes der gewünschten Geometrie der Architekten möglichst nahe zu kommen.

Die so generierte Geometrie diente in den folgenden Phasen als Grundlage für die Ausführungsplanung und letztendlich auch für die Umsetzung des Projekts. In dieser Planungsphase war es zunächst erforderlich, die notwendigen Inhalte der Stahlbau-, Schal- und Bewehrungspläne festzulegen und auf die geplanten Baumethoden abzustimmen.

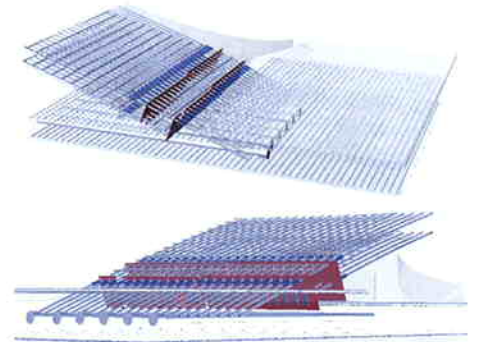




2

Vom 3D-Schalungsplan zur CNC-Fräse

Die im Hochbau ansonsten üblichen Angaben bzw. zweidimensionalen Zeichnungen waren in diesem Fall nur in Teilbereichen zielführend. Für die Schalplanung wurden zum Teil Koordinateninformationen zur Verfügung gestellt. Hierbei war zwischen Informationen zu entscheiden, die durch einen Vermesser auf Grundlage von globalen Koordinaten mittels GPS eingemessen werden mussten, wie zum Beispiel der Verlauf der Patioränder, und solchen, die in Bezug auf die lokalen Achsen von Polieren abgesteckt werden konnten. Die Koordinaten für den Vermesser wurden in Form von Excel-Tabellen übergeben und zusätzlich auf Plänen zu Kontrollzwecken dargestellt. Die Grundlage für den Schalungsbau stellte jedoch das dreidimensionale Flächenmodell dar (Abb. 9). Die Schalung selbst besteht aus 2,5 x 2,5 m großen Schaltischen, die aus einer Holzunterkonstruktion, sieben darauf befestigten Holzspanten und einer laminierten Faserholzplatte als Schalhaut



3

zusammengesetzt sind. Die Geometrie der Schalen wird hierbei durch die entsprechend der Form gefrästen Spanten definiert (Abb. 10). Im Rahmen der Werkstattplanung wurde das virtuelle Modell so weiterbearbeitet, dass die erforderlichen Informationen für den computergestützten Zuschnitt der Spanten automatisiert erstellt und den CNC-Maschinen zur Verfügung gestellt werden konnten. Bei solchen automatisierten Prozessen ist es notwendig, geeignete Kontrollmechanismen zur Vermeidung von Fehlern zu entwickeln, die sich fast zwangsläufig durch die gesamte Prozesskette ziehen können. So wurden im Zusammenhang mit dem Bau der Schaltafeln zum Beispiel die berechneten Informationen zur Erstellung der Schalen in einem separaten 3D-Modell wieder zusammengefügt und die so gefundene Fläche anschließend mit dem Originalmodell verglichen. Ein weiterer wichtiger Aspekt war hierbei die automatisierte Auswertung der 3D-Modelle, die mittels Scripting, einer einfachen Form der Programmierung, erfolgt. Die

Skripte erlauben es, regelbasierte repetitive Aufgaben effizient zu bearbeiten und zu evaluieren. Neben der Zeitersparnis und der großen Präzision ist die Reduzierung monotoner und damit fehleranfälliger Arbeitsschritte ein Vorteil der Automatisierung.

3D-Bewehrungspläne

Auch Teile der Bewehrungspläne wurden mittels Scripting erstellt. Dies betraf hauptsächlich das Auflagerdetail der Schalen. Die im Auflager verankerte Bewehrung musste ohne Toleranz eingebaut werden, um später die Bewehrung der Schalen anschließen und Schaltafeln platzieren zu können (Abb. 3). Die gewählte Lösung basierte auf zwei im Auflagerbereich hintereinander angeordneten Leeren. Jede dieser insgesamt 400 Leeren war in ihrer Geometrie unterschiedlich. Diese ergab sich jedoch auf Grundlage einiger einfach zu beschreibender Regeln, sodass die Anwendung von Skripten für diesen Fall eine große Arbeitserleichterung darstellte.



5



6

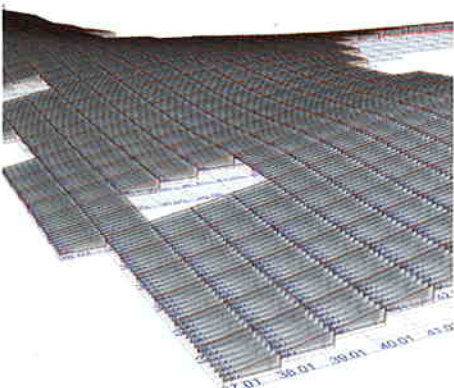


7

3D-Modell für Stahldach und Holzträger
 Ebenso erforderte die Planung des Stahldachs eine detaillierte und automatisierte Bearbeitung am 3D-Modell. Die in Nord-Süd-Richtung verlaufenden Hauptträger wurden durch Segmentierung an den gekrümmten Verlauf der Geometrie angepasst. Die erforderliche Anzahl und Länge der Segmente hing hierbei von zulässigen Toleranzabweichungen ab, die sich aus der Konstruktion der abgehängten Decke und des Dachaufbaus ergaben und zwischen 10 bis 35 mm lagen. Für die in West-Ost-Richtung verlaufenden Nebenträger wurde Brettschichtholz gewählt, da dieses der exakten Dachgeometrie durch Fräsen angepasst werden kann. Ähnlich wie bei den Schalelementen der Betonplatten wurden hierfür die Zuschnittspläne automatisch erstellt und die erforderlichen Informationen den CNC-Fräsen zur Verfügung gestellt. Die Planung des Rolex Learning Centers in Lausanne erforderte nicht nur die Abstimmung neuer Planinhalte zwischen allen am Prozess Beteiligten. Auch die Herangehensweise an die Erstellung der Pläne wurde hinterfragt. Die Erfahrungen aus diesem und anderen Projekten mit komplexer dreidimensionaler Geometrie zeigen, dass hierbei der bisher übliche 2D-Plan immer mehr gegenüber einer reinen 3D-Planung an Bedeutung verliert.

Klaus Bollinger,
 Manfred Grohmann, Agnes Weilandt

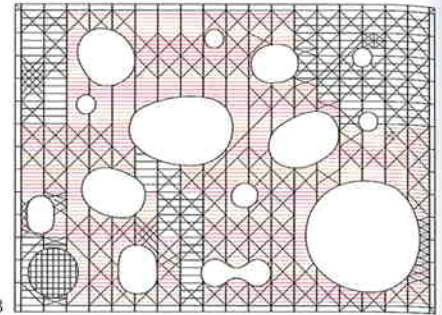
Digital process chains: The geometry of the Learning Center's rising structural elements is determined by the flow of two shells – a smaller and larger one – that constitute the larger part of the floor slab of the main level and are situated on the deck above the garage. Through pre-tensioning this deck serves as horizontal abutment to the shells, whose vertical loads are directed through walls in the lower level to the foundations. A lightweight steel and wood roof is supported by the concrete. The architects' physical models of the shells – including topographical information represented as layers – served as the basis for the first digital plans. Then the first 3D surface models were generated from these drawings; the models were the basis for the first calculations employing finite-element analysis – and which involved transforming the surfaces into a fine mesh. Through these models the form was optimized. It was crucial that the work always included the entire surface – from which the patios would subsequently be cut out. This made it possible to quickly incorporate any changes made to the patios. During the planning phase, the form of the overall massing also underwent changes, which required close coordination between the architects and engineers to harmonize the in some cases contradictory optimization criteria (e.g., structural design, use, or design intention). To this end, two models were developed and updated in tandem: the architects'



9



10



8

Haupt- und Nebenträger aus Stahl (schwarz)
 Nebenträger Brettschichtholz gekrümmt (rot)

Primary and secondary steel beams (black)
 Glue-lam secondary beams, curved (red)

model with the desired shell geometry and the engineers' model, which had a more arched shell surface to take the expected long-term deformation into account in order to come as close as possible to the architects' desired geometry. In the next phases, the geometry generated in this manner was the basis for the construction documents, and ultimately, for the realization of the project. The specifications and 2D drawings normally employed in construction of buildings were only useful in certain areas. Coordinate information was made available, in part, for the formwork planning, whereby it is necessary to differentiate between those which will be determined by a surveyor using global coordinates, and those which the foreman stakes out in relation to the axes. The coordinates for the surveyor were prepared as Excel charts, and in addition, were denoted in the plans to facilitate cross-checks. However, a surface model was the basis for constructing the formwork – which consists of 2.5 x 2.5 m formwork tables. The shell geometry is attained through the milled eggcrating supporting the formwork skin. For the reinforcing steel and roof planning, 3D models were also employed. The primary roof beams were segmented to attain the corresponding curved geometry. The number of segments and their lengths were dependent on the tolerances. Secondary beams employed glu-lam technology, because they can be milled to attain the specified roof geometry.

Prof. Klaus Bollinger und Prof. Manfred Grohmann gründeten 1983 das Ingenieurbüro Bollinger und Grohmann mit heute etwa 100 Mitarbeitern in Frankfurt am Main, Wien, Paris und Melbourne. Agnes Weilandt ist seit 2006 als Projektleiterin im Büro tätig.

- 6 Aufsicht auf die Schalung vor dem Betonieren
- 7 Betonschale mit Stahl-/Holzdach
- 8 Aufsicht Dachkonstruktion Maßstab 1:3000
- 9 konstruktives 3D-Modell der Schalung
- 10 Schalungstisch

Prof. Klaus Bollinger and Prof. Manfred Grohmann established the engineering firm Bollinger und Grohmann in 1983. It currently has 100 employees in offices in Frankfurt am Main, Vienna, Paris and Melbourne. Agnes Weilandt joined the firm in 2006 as project engineer.

- 6 View of the formwork before the pour
- 7 Concrete shell with steel/wood roof
- 8 Plan of roof structure, scale 1:3000
- 9 Structural 3D model of the formwork
- 10 Formwork table