

* Steffi Neubert

Das neue Rolex Learning Center der EPFL in Lausanne

LICHTDURCHFLUTETE HÜGELLANDSCHAFT



Im Februar 2010 wurde das Rolex Learning Center eröffnet, das nach Entwürfen des international renommierten japanischen Architekturbüros SANAA auf dem Gelände der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Lausanne erbaut wurde. Das ungewöhnliche architektonische Konzept stellte die Bau- und Fassadeningenieure vor komplexe und nicht alltägliche Aufgaben.

Das Rolex Learning Center ist als Bildungsstätte konzipiert, die mit ihrer 500 000 Bände umfassenden Bibliothek der kulturelle Knotenpunkt des Campus ist und nicht nur für die Studierenden, sondern auch für die Öffentlichkeit zugänglich sein wird. Auf 20 000 m² bietet es ein nahtloses Netzwerk aus Dienstleistungen, Bibliotheken, Lese- und Hörsälen, Einzel- und Gruppenarbeitsplätzen, Restaurants, Cafés und Parkanlagen.

Architekturikone

Der avantgardistisch anmutende Flachbau ist wellenförmig wie eine hügelige Wiesenlandschaft angelegt und wird durch lichtdurchflutete Innenhöfe strukturiert. Die Stützen des Spannbetondachs, das völlig neue Konstruktionstechniken erforderte, sind nahezu unsichtbar.

Wer unter den mächtigen Betongewölben hindurch geht und den zentralen Eingang passiert, findet sich in einer künstlichen Landschaft wieder, die vor allem eines nicht will: Begrenzungen setzen. Trennende Wände fehlen. Man begibt sich vom Eingangsbereich mit Café und Infopoint auf eine Wanderung, die immer neue Überraschungen aufweist.

Auf einer Art Feldherrnhügel thront die Bibliothek, die nach dem Durchschreiten elektronischer Schranken direkten Zugang zu fast allen der 500 000 Bücher im Untergeschoss und den zahlreichen elek-

tronischen Zeitschriften anbietet. Daneben führen Wege zu einer Senke mit einigen der insgesamt 860 studentischen Arbeitsplätze. Wer sich vom Eingang in die andere Richtung begibt, findet hinter einer Steigung ein multifunktionales Forum.

Komplexe Ingenieuraufgaben

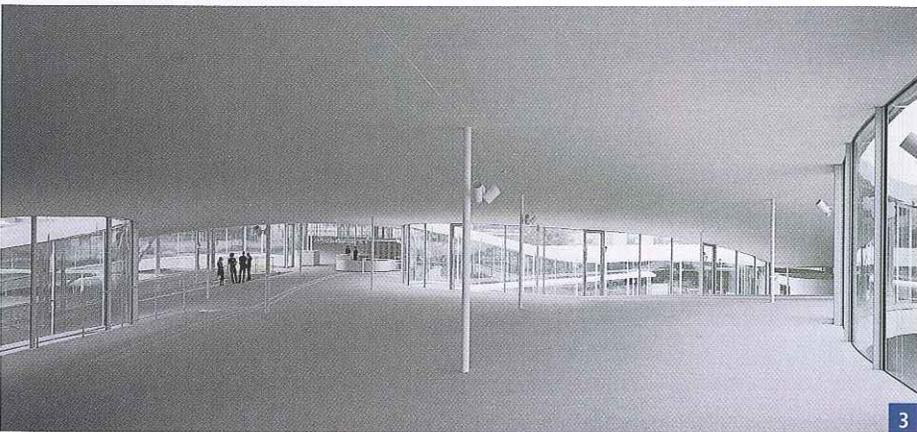
Einhellige Begeisterung finden die Ingenieurleistungen. Das riesige Gebäude wird technisch von zwei Betonschalen und elf Unterspannbogen ge-

Das weltbekannte japanische Architekturbüro SANAA (Sejima and Nishizawa and Associates) wurde 1995 von Kazuyo Sejima und Ryue Nishizawa gegründet, deren bahnbrechende Bauten minimalistische Ästhetik mit hochkomplexer Technologie verbinden. SANAA's jüngstes grosses Projekt ist das New Museum of Contemporary Art in New York. 2009 entwarfen sie den Serpentine Gallery Summer Pavilion in London. Zu ihren wichtigsten Bauten der letzten Jahre gehören ausserdem das 21st Century Museum of Contemporary Art in Kanazawa (Japan) und die Dependance des Louvre im nordfranzösischen Lens, die 2012 eröffnet werden soll.

* Steffi Neubert
Dipl. Ing. Arch TU/Dipl. EPG EPFL SIA
Mitglied der Geschäftsleitung
Emmer Pfenninger Partner AG
CH-4142 Münchenstein



2



3



4



5

tragen, die bis zu 90 Meter messen. Die 1400 Schalplatten mussten mit Laser zugeschnitten werden, um die erforderliche Präzision zu erlangen. Von den Glaselementen für die 4700 Quadratmeter Glasflächen sind 90 Prozent Einzelstücke, die in China und Spanien gefertigt wurden. Trotz dieser grossen Glasflächen konnten Lüftung und Heizung mit Hilfe ausgeklügelter Computersimulationen so berechnet werden, dass für den Betrieb Minergie-Standard erreicht wird.

Das Gebäude wird grösstenteils vom Tageslicht erhellt und verfügt über sorgfältig gesteuerte natürliche Lüftungssysteme (mit Ausnahme des Restaurants und der Multimediabibliothek, die über Kühldeckensysteme verfügen). Dank hochwertiger Doppelverglasung, 20 Zentimeter dicker Dach- und bis zu 35 Zentimeter dicker Bodenisolierung, Aussenstoren, natürlicher Beleuchtung und Belüftung sowie der Nutzung der vor 25 Jahren installierten thermischen Pumpen, die Seewasser für die Kühlung des gesamten Campus nutzen, beträgt der Energieverbrauch nur 38,5 kWh/m² (139 MJ/m²). Mit Hilfe digitaler Modelle für Luftströmung, Beleuchtung und thermische Simulationen konnte die Energieeffizienz des neuen Gebäudes auf ein technisches Maximum gesteigert und gleichzeitig die Sicherheit der Benutzer im Brandfall gewährleistet werden.

Die Fassadenkonstruktion des Rolex Learning Center

Das Rolex Learning Center der EPFL wurde als eingeschossiges welliges Rechteck mit 121 x 166 m Seitenlänge entworfen, aus dem die Patios unregelmässig als runde und amöbenförmige Ausschnitte mit Durchmessern von 7 m bis 50 m ausgestanzt sind. Wie eine Membran spannt sich die Fassade zwischen Boden- und Deckenplatte. Die plane Aussenfassade besteht aus rhomboiden Scheiben, die Patios hingegen erfordern meist konkave und an wenigen Stellen konvexe rautenförmige Gläser. Das sind 700 Gläser, die fast alle eine individuelle Form haben, obwohl jede Scheibe 2,25 m breit und, mit Ausnahme der 4,80 m hohen Multipurpos-Halle, 3,30 m hoch ist. Wie die Computersimulation (Abb. 2) veranschaulicht, ist das architektonische Anliegen eine hohe Transparenz und Fluidität der Fassade; umgesetzt durch gebogene Patiogläser, plane Aussenfassaden ohne vorstehende Abdeckleisten, schlanke Pfosten und möglichst kleine Fugen zwischen den einzelnen Scheiben. Die Haustechnik forderte dazu einen niedrigen U_{cw} -Wert von 1,6–1,7 W/m²K, einen mobilen aussenliegenden Sonnenschutz und viele motorisierte Öffnungsflügel zur natürlichen Belüftung des Gebäudes.

Doch die grösste Herausforderung für die Fassade und damit die beteiligten Planer war die Aufnahme der Verformungen des Rohbaus.

Aufnahme der Rohbauverformungen

Im engen Austausch zwischen Fassadenplaner und Bauingenieur wurde eine vertikale Verformung der Betonbodenplatte von -20 mm und +7 mm unter Kriechen, Schwinden, Eigengewicht, thermischen Lasten (Wind, Schnee, Temperaturschwankungen) und Nutzlasten als Grenzwert festgelegt. Die von der Fassade aufzunehmenden Verformungen aus dem Stahl-Holz-Dach wurden auf -30 mm/+15 mm vertikal und +/-27 mm horizontal begrenzt (Abb. 7). Zwischen diesen beiden sich stark verformenden Ebenen befinden sich die steifen Glasscheiben (Abb. 8 + 9), welche nicht brechen dürfen und, trotz aller Verformungen, eine dichte Fassade ergeben müssen.

Wie wurde das gelöst? Um die Verformungen der Betonschale aufzunehmen, war geplant, die Gläser nicht direkt auf dem unteren Riegel, sondern auf einem Waagebalken zu klotzen, der mittig auf dem Riegel gelagert ist und somit die variierenden Neigungswinkel der sich verformenden Bodenplatte aufhebt. So sitzen die Gläser immer auf beiden Auflagerklötzen und bewegen sich bei Verformungen nur auf und ab. Die senkrechten Kanten der Gläser bleiben vertikal und können sich nicht berühren (Abb. 10). Die seitliche Klotzung nimmt bei den trapezförmigen Gläsern mit einer geneigten Auflagerkante einen Teil des Eigengewichtes auf und stellt sicher, dass das Glas nicht in Kontakt mit der Stütze kommt. Die Aufnahme der Verformungen aus dem Dach erfolgt im oberen Anschlussdetail, was gemäss Ausschreibungsplanung folgendermassen vorgesehen war:

- Ein Gleitklotz in einem U-förmigen Schuh lässt die freie Verformung des Daches in Fassadenebene zu (x-Richtung).
- Die rechtwinklig zur Fassade auftretenden Verformungen (y-Richtung) aus den Bewegungen des Daches werden durch das Kippen der gesamten Fassadenfläche aufgenommen.
- Die Vertikalverformungen (z-Richtung) werden entweder über einen senkrechten Schiebelbolzen oder über ein Langloch aufgenommen.

Auswirkungen auf die gebogenen Patiofassaden

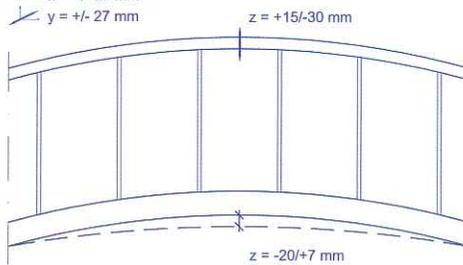
Für die planen Aussenfassaden funktioniert dieses Prinzip problemlos. Doch bei den gebogenen Patiofassaden können sich die Scheiben aufgrund ihrer Winkelstellung aufeinander zu



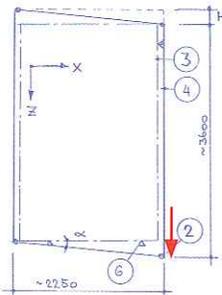
6

Bewegungen Dach

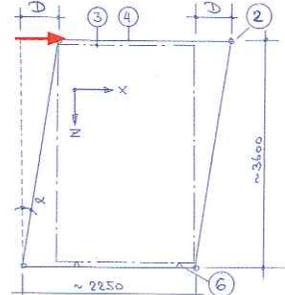
x = +/- 27 mm
y = +/- 27 mm



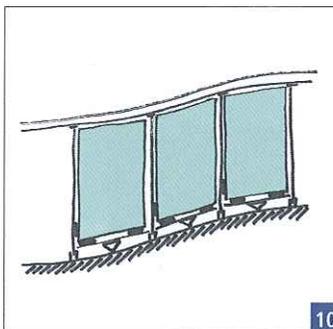
7



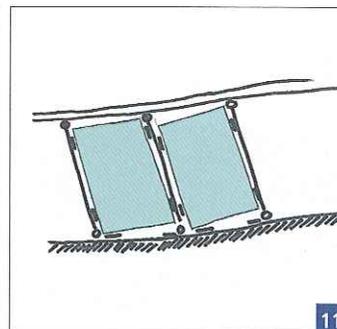
8



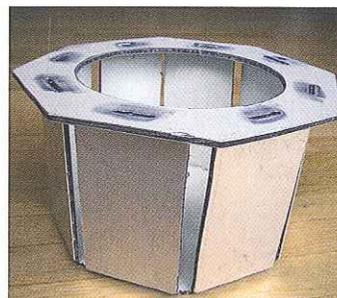
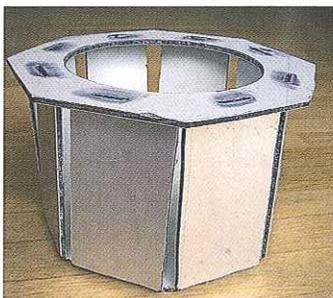
9



10

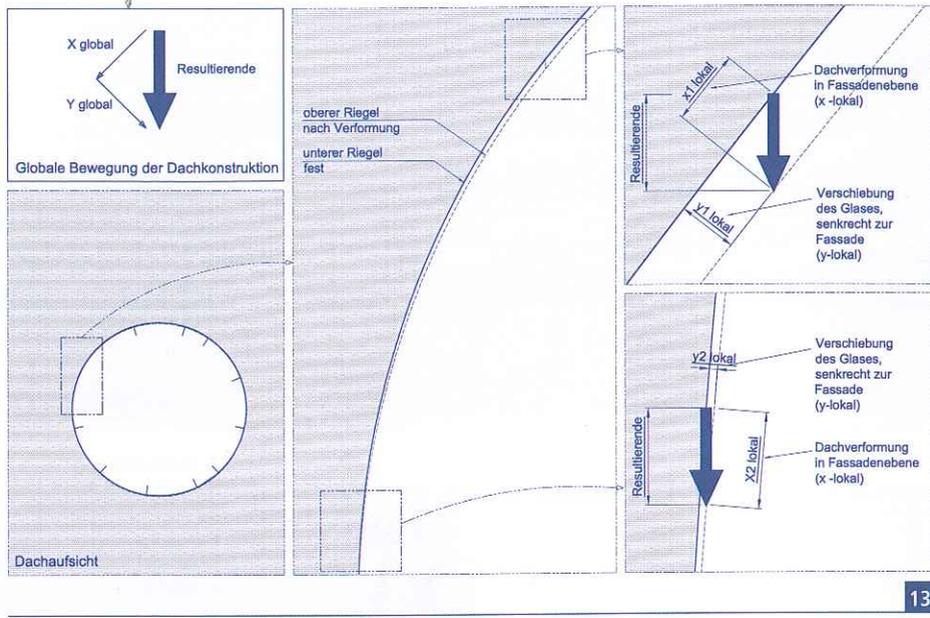


11



12

- 1 Dachaufsicht
- 2 Computersimulation einer Innenansicht
- 3 Blick durch die lichtdurchflutete Hügellandschaft
- 4/5 Das leichte Gebäude lädt zum Verweilen ein
- 6 Geschwungene und gebogene Fassaden von aussen
- 7 Aufzunehmende Verformungen durch die Fassade
- 8 Skizze, wie die Verformungen der Bodenplatte sich aufs Glas auswirken
- 9 Skizze, wie die Verformungen des Dachs sich aufs Glas auswirken
- 10 Statisches Auflagerprinzip mit beidseitig geklotzten Scheiben, die auf Waagebalken aufliegen
- 11 Statisches Auflagerprinzip mit einseitig geklotzten Scheiben, die je nach Verformung von rechts nach links kippen
- 12 Arbeitsmodell in verschiedenen Verformungszuständen



13

bewegen. Die Verformungswerte des Rohbaus sind in einem globalen Koordinatensystem angegeben und müssen für jedes Patioglas in einen lokalen Vektor rechtwinklig zur Scheibe umgerechnet werden. Ein globaler Verformungsvektor (dicker Pfeil), der aus einer globalen x- und y-Bewegung entsteht, ruft je nach Angriffspunkt am Patio dann eine lokale x- und y-Verformung hervor. Wobei die x_{lokal} -Vektoren parallel zur Fassadenfläche verlaufen und die y_{lokal} -Vektoren rechtwinklig dazu (Abb. 13).

Nicht nur die Verwindung über die Diagonale eines gebogenen Glases wurde untersucht, sondern auch das Verhalten der sich aufeinander zu- bzw. wegbewegenden Gläser. Das Kippen der einzelnen Gläser führt zu einem Öffnen oder Schliessen der Fuge, siehe Abb. 12.

Der Weg E der Glaskanten zur Fugenmitte ist mathematisch in der Abb. 14 dargestellt und hängt direkt von folgenden drei Parametern ab:

- dem Glasradius R,
- der Auslenkung aus der Fassadenebene y_{lokal} und
- der Elementbreite b.

Das heisst:

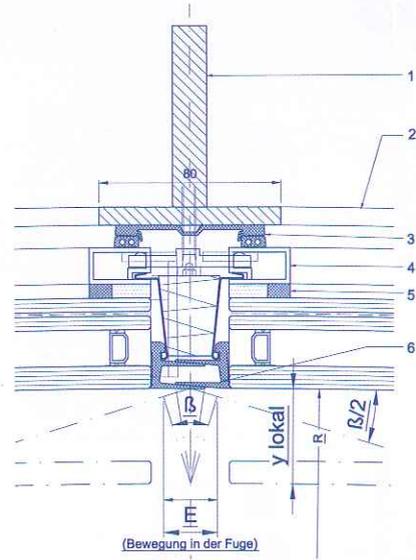
Je grösser die Auslenkung aus der Fassadenebene y_{lokal} , desto grösser die erforderliche Fuge.

Je breiter das Element b, desto grösser die erforderliche Fuge.

Je grösser der Radius R, desto kleiner die erforderliche Fuge.

Da die Elementbreite mit 2,25 m vorgegeben ist, konnte der Weg E in Abhängigkeit der Radien berechnet und in einer Tabelle dargestellt werden (Abb. 15). Betrachtet man die elf Radien, welche oben horizontal auf der Tabelle abgetragen sind, und die Verformungen y_{lokal} , die senkrecht aufgeführt sind, kann man die Bewegung x_{lokal} einer Glaskante ablesen. Um eine Gesamtfugenbreite von 24 mm sicherzustellen, wurde ein zulässiges $E \leq 10$ mm definiert. Damit sind die grün hinterlegten Werte zulässige Verformungen. Für jede Scheibe der Patiofassaden wurde dann überprüft, ob die berechneten Verformungen im zulässigen Bereich liegen. Dafür wurde der Farbcode der je nach Lastfall auftretenden Maximalverformungen auf die einzelnen Grundrisse übertragen. Die Überschreitungen in Gelb waren leicht erkennbar und wurden genauer analysiert. Bei den grösseren Patios gab es einzelne Fälle, wo lokale Verstärkungen im Dach erforderlich waren, um die Verformungen auf die zulässigen Werte zu reduzieren.

Vor allem die kleinen Patios mit einem Radius von 3,80 m bereiteten Probleme. Sie können mit ihren engen Radien die auftretenden Verformungen nicht aufnehmen. Da eine Reduzierung



Durch die Bewegung der Dachkonstruktion, kippt das Element. Die dabei entstehende Verformung wird in der Elementfuge aufgenommen.

Die erforderliche Fugenbreite berechnet sich in Abhängigkeit des Glasradius wie folgt, wobei E den Weg beider Glaskanten aufeinander zu darstellt:

$$E = 2 \cdot y_{\text{lokal}} \cdot \sin \beta/2$$

$$\beta = 180 \cdot b \text{ (Elementbreite)} / \pi \cdot r \text{ (Radius)}$$

Die Verformung in der Fuge ist umso geringer:

- je grösser der Radius
- je kleiner die Elementbreite
- je kleiner die Dachbewegung

Fassadenaufbau, von innen nach aussen:

- 1 Stütze, T-Profil, Stahl, pulverbeschichtet
- 2 Riegel gebogen, T-Stahlprofil, pulverbeschichtet
- 3 Neoprendichtung
- 4 Aluminiumrahmen
- 5 Doppelscheibverglasung (VSG/ESG), gekrümmt
- 6 Abdichtungsprofil mit Federhaltung, Silikon

14

Radius	3800	4500	5500	6500	7500	8500	9500	12500	14500	16500	25000
1	0,58	0,49	0,41	0,34	0,30	0,26	0,24	0,18	0,16	0,14	0,09
2	1,17	0,99	0,81	0,69	0,60	0,53	0,47	0,36	0,31	0,27	0,18
3	1,75	1,48	1,22	1,03	0,90	0,79	0,71	0,54	0,47	0,41	0,27
4	2,33	1,98	1,62	1,38	1,20	1,06	0,95	0,72	0,62	0,55	0,36
5	2,92	2,47	2,03	1,72	1,49	1,32	1,18	0,90	0,78	0,68	0,45
6	3,50	2,97	2,44	2,07	1,79	1,58	1,42	1,08	0,93	0,82	0,54
7	4,08	3,46	2,84	2,41	2,09	1,85	1,65	1,26	1,09	0,95	0,63
8	4,67	3,96	3,25	2,76	2,39	2,11	1,89	1,44	1,24	1,09	0,72
9	5,25	4,45	3,66	3,10	2,69	2,38	2,13	1,62	1,40	1,23	0,81
10	5,83	4,95	4,06	3,44	2,99	2,64	2,36	1,80	1,55	1,36	0,90
11	6,42	5,44	4,47	3,79	3,29	2,90	2,60	1,98	1,71	1,50	0,99
12	7,00	5,94	4,87	4,13	3,59	3,17	2,84	2,18	1,86	1,64	1,08
13	7,59	6,43	5,28	4,48	3,89	3,43	3,07	2,34	2,02	1,77	1,17
14	8,17	6,93	5,69	4,82	4,18	3,70	3,31	2,52	2,17	1,91	1,26
15	8,75	7,42	6,09	5,17	4,48	3,96	3,54	2,70	2,33	2,04	1,35
16	9,34	7,92	6,50	5,51	4,78	4,22	3,78	2,88	2,48	2,18	1,44
17	9,92	8,41	6,91	5,86	5,08	4,49	4,02	3,06	2,64	2,32	1,53
18	10,50	8,91	7,31	6,20	5,38	4,75	4,25	3,24	2,79	2,45	1,62
19	11,09	9,40	7,72	6,54	5,68	5,01	4,49	3,42	2,95	2,59	1,71
20	11,67	9,90	8,12	6,89	5,98	5,28	4,73	3,60	3,10	2,73	1,80
21	12,25	10,39	8,53	7,23	6,28	5,54	4,96	3,77	3,26	2,86	1,89
22	12,84	10,89	8,94	7,58	6,58	5,81	5,20	3,95	3,41	3,00	1,98
23	13,42	11,38	9,34	7,92	6,87	6,07	5,43	4,13	3,57	3,13	2,07
24	14,00	11,88	9,75	8,27	7,17	6,33	5,67	4,31	3,72	3,27	2,16
25	14,59	12,37	10,16	8,61	7,47	6,60	5,91	4,49	3,88	3,41	2,25
26	15,17	12,87	10,56	8,96	7,77	6,86	6,14	4,67	4,03	3,54	2,34
27	15,75	13,36	10,97	9,30	8,07	7,13	6,38	4,85	4,19	3,68	2,43
28	16,34	13,85	11,37	9,64	8,37	7,39	6,62	5,03	4,34	3,82	2,52
29	16,92	14,35	11,78	9,99	8,67	7,65	6,85	5,21	4,50	3,95	2,61
30	17,50	14,84	12,19	10,33	8,97	7,92	7,09	5,39	4,65	4,09	2,70
31	18,09	15,34	12,59	10,68	9,27	8,18	7,32	5,57	4,81	4,22	2,79
32	18,67	15,83	13,00	11,02	9,56	8,45	7,56	5,75	4,96	4,36	2,88
33	19,26	16,33	13,41	11,37	9,86	8,71	7,80	5,93	5,12	4,50	2,97
34	19,84	16,82	13,81	11,71	10,16	8,97	8,03	6,11	5,27	4,63	3,06
35	20,42	17,32	14,22	12,05	10,46	9,24	8,27	6,29	5,43	4,77	3,15
36	21,01	17,81	14,62	12,40	10,76	9,50	8,51	6,47	5,58	4,91	3,24
37	21,59	18,31	15,03	12,74	11,06	9,77	8,74	6,65	5,74	5,04	3,33

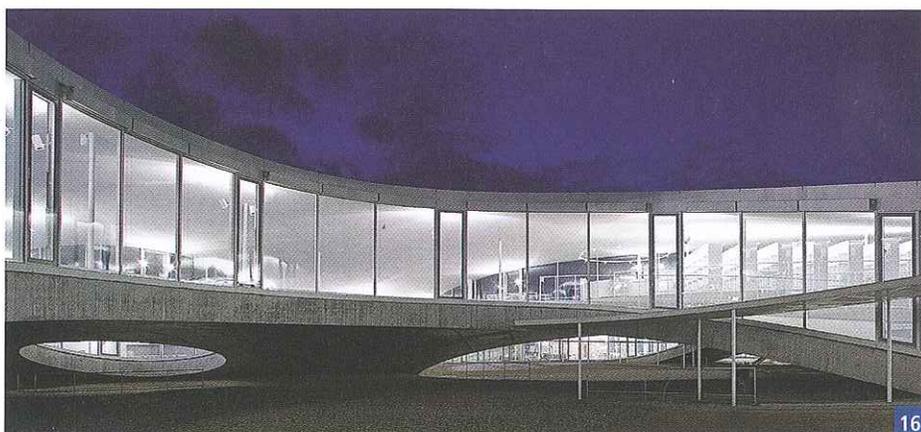
Zulässige Verformungen in der Fuge zwischen zwei Gläsern in Abhängigkeit des Glasradius [mm] und der lokalen Verformungen in y-Richtung (parallel zum Glas).

15

des Achsmassens durch Teilen der Scheiben = Verdopplung der Fugen architektonisch nicht in Frage kam, galt es, die Verformungen zu reduzieren. Alle Pfosten wurden als Rohrprofile ausgeführt, sodass sie einen zweiten Ringträger tragen können, an dem die Fassade befestigt wurde. Das Dach mit seinem eigenen Ringträger kann sich nun frei bewegen und leitet keine Kräfte mehr in die Fassade ein.

Ausgeführte Pfosten-Riegel-Konstruktion

Diese in der Planung erarbeiteten Grenzwerte wurden sowohl in der Rohbau- als auch in der Fassadenausschreibung vertraglich festgelegt. Darauf basierend übernahm in der Ausführungsphase die Firma Roschmann dann die Verantwortung, die Gläser nur einseitig zu klotzen und die Scheibe, je nach Verformung der Pfosten-Riegel-Konstruktion, von einer Seite zur anderen kippen zu lassen (Abb. 11). Das Verhalten der gebogenen Fassade mit der einseitigen Glasklotzung wurde unter den Maximalverformungen in einem mehrwöchigen Test an einem 1:1-Prototypen im Werk erfolgreich getestet (Abb. 18 + 19). Aufgrund dieses Nachweises und einer Ausführung aller Scheiben in ESG bzw. TVG stimmten die Planungsbeteiligten der Unternehmervariante zu. Unterschiedliche Profile und Befestigungssysteme wurden im Planungsprozess untersucht und für die Ausführung eine Pfosten-Riegel-Konstruktion mit Pfosten aus geschweissten T-Profilen (Flansch 70/10 und Steg 90/15) gewählt. Die Riegel bestehen aus asymmetrischen T-Profilen, die sich noch besser in die Decken und Bodenkonstruktion integrieren lassen. Die Gläser der Aussenfassaden sind mechanisch im vertikalen Randverbund ohne von aussen sichtbare Befestigung gehalten, um das plane Erscheinungsbild ohne jegliche Vorsprünge zu erzielen. Die Gläser der Patiofassaden hingegen können nie in ihrer Flucht betrachtet werden und konnten deshalb mit Abdeckleisten ausgeführt werden. Die Zweifach-Isoliergläser bestehen aus einer äusseren 10-mm-ESG-Scheibe, 14 mm Scheibenzwischenraum mit Argonfüllung und einer inneren Verbundglasscheibe aus 2 x 6 mm TVG, die die Absturzsicherheit gewährleistet. Die Zweifach-Isolierverglasung hat einen U_g -Wert von $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ und einen g -Wert von 57%, welcher mit den aussenliegenden Lamellenstoren bis auf 15% reduziert werden kann. Die Lamellenstoren folgen den Neigungswinkeln der wellenförmigen Fassade. Jedes Storenpaket ist jedoch gerade, damit ergibt sich in den Patios eine facettierte Anordnung (Abb. 20).



16



17



18



19

13 Grundriss mit Diagrammen zur Auswirkung der globalen Verformung auf lokale Fassadenpunkte

14 Horizontalschnitt mit Formel zur Dimensionierung der erforderlichen Fugenbreite

15 Tabelle mit Angaben zu den Bewegungen der Gläser aufeinander zu bzw. voneinander weg, in Abhängigkeit der Radien und der rechtwinklig zur Scheibe auftretenden Verformungen

16 Die transparenten Baukörper bei Nacht

17 Innenansicht kurz vor der Eröffnung

18 Test des Prototypen bei der Firma Roschmann

19 Detailansichten des Prototypen mit Stellschrauben zur Simulation der Verformungen



20

20 Innenansicht der gebogenen Fassade mit Lamellenstoren

21 Vertikalschnitt der Ausschreibung



21

Wenn man das Foto (Abb. 17) der Computersimulation (Abb. 2) aus der Planungsphase gegenüberstellt, kann man erfreut feststellen, dass die architektonischen Ziele trotz mancher Anpassungen im Planungs- und Ausführungsprozess sehr gut umgesetzt wurden.

Bautafel

Bauherr:

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne

Architekten:

SANAA (Tokio)

Architram (Renens)

Bauingenieur:

Bollinger und Grohmann GmbH (Frankfurt)

Walther Mory Maier (Basel)

Fassadenplanung:

Emmer Pfenninger Partner AG
(Münchenstein)

Totalunternehmer:

Losinger Construction SA (Bussigny)

Stahlbau:

Sottas SA (Bulle)

Fassadenbau:

Roschmann Konstruktionen aus Stahl
und Glas GmbH (Gersthofen)

Bildnachweis:

Bild 1: Frank Kaltenbach,
München

Bild 2: SANAA

Bilder 3, 16: Hisao Suzuki

Bilder 6, 20: Loïc Gardiol

Bilder 4, 5: Alain Herzog

Bilder 7–15, 17–19, 21:

EPPAG

RÉSUMÉ FRANÇAIS

Le nouveau Rolex Learning Center de l'EPFL de Lausanne

PAYSAGE DE COLLINES BAIGNE DE LUMIÈRE

En février 2010 a été inauguré le Rolex Learning Center de Lausanne, érigé sur le site de l'École polytechnique fédérale (EPFL) selon les plans du bureau d'architecture japonais de renommée internationale SANAA. Le concept architectural inédit a placé les ingénieurs des constructions civiles et des façades devant des problèmes complexes inhabituels.

Les prestations des ingénieurs génèrent un enthousiasme unanime. Le gigantesque bâtiment est supporté techniquement par deux coques en béton et onze arcs sous-tendus mesurant jusqu'à 90 mètres. Les 1400 coffrages ont dû être taillés au laser afin d'obtenir la précision requise. Concernant les éléments en verre des 4700 m² de surface vitrée, 90% sont des pièces uniques, ayant été fabriquées en Chine et en Espagne. La consommation d'énergie n'est que de 38,5 kWh/m² (139 MJ/m²), ceci grâce à un double vitrage de grande qualité, une isolation de 20 cm au niveau du toit et près de 35 cm au niveau du sol, la protection solaire extérieure, l'éclairage et l'aération naturelle, ainsi que l'installation de thermopompes construites il y a 25 ans, utilisant l'eau du lac pour tempérer tout le campus.

Concept

Le Rolex Learning Center de l'EPFL fut conçu sous la forme d'un rectangle ondulé de 121 m x 166 m sur un étage, dans lequel sont découpés irrégulièrement des patios en forme d'amibe d'un diamètre de 7 m à 50 m. La façade extérieure plane se compose de vitrages rhomboïdes, tandis que les patios exigent des vitrages en forme de losange le plus souvent concaves et par endroit convexes. On découvre 700 vitrages, presque tous de formes uniques, bien que chacun fasse 2,25 m de large et 3,30 m de haut, à l'exception de ceux de 4,80 m de haut au niveau du hall multifonctions.

Comme les simulations par ordinateur le démontrent (Fig. 2), l'objectif architectural était une grande transparence, la fluidité de la façade; cela fut concrétisé par les vitrages courbes des patios, des façades extérieures lisses sans joints saillants entre les vitrages, et de l'intérieur, des montants discrets. La technique du bâtiment exigeait aussi une valeur U_{cw} de 1,6–1,7 W/m²K, une protection solaire externe mobile, et de nombreux vantaux mo-

torisés afin de favoriser l'aération naturelle. Le défi majeur pour la façade et les planificateurs était l'absorption des déformations du gros œuvre.

Lors d'intenses échanges entre le bureau d'étude façade et les ingénieurs civiles, on fixa comme valeur limite –20 mm et +7 mm pour la déformation verticale de la dalle béton, et pour les déformations de la toiture acier-bois par rapport à la façade –30 mm/+15 mm verticalement et +/-27 mm horizontalement (Fig. 7). L'absorption des déformations a été prévue selon le principe d'une balance ainsi que par l'inclinaison des vitrages se résultant dans des joints ouvrants et fermants (Fig. 12).

Construction montant-traverse

C'est sur ce principe de construction, que la société Roschmann assumait, pendant la phase d'exécution, la responsabilité de ne caler les vitrages que d'un côté et de les faire basculer d'un côté à l'autre en fonction de la déformation de la construction du montant-traverse (Fig. 11). Le comportement de la façade courbée, avec ce calage a été testé avec succès sur un prototype à l'usine avec les déformations maximales (Fig. 18 et 19). Le prototype fut accepté avec la variante de l'entrepreneur qui exécuta tous les vitrages en verre trempé ou durci. Les doubles vitrages isolants se composent d'un verre trempé extérieur de 10 mm, d'un interstice de 14 mm d'argon et d'un verre feuilleté intérieur de 2x6 mm garantissant la protection antichute. Le double vitrage isolant a une valeur U_g de 1,1 W/m²K avec un facteur solaire g de 57%, resp. 15% avec des stores extérieurs à lamelles.

Lorsque l'on compare la photo (Fig. 20) à la simulation par ordinateur (Fig. 2), on ne peut que se féliciter des objectifs architecturaux atteints malgré certaines adaptations effectuées lors de la phase de conception et d'exécution.