

Vom "Wachstum der Grenzen": Überlegungen zur Strategie der "Nachhaltigkeit" in der Geschichte der Bautechnik

Autor(en): **Pfammatter, Ulrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **114 (1996)**

Heft 37

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79031>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ulrich Pfammatter, Zürich

Vom «Wachstum der Grenzen»

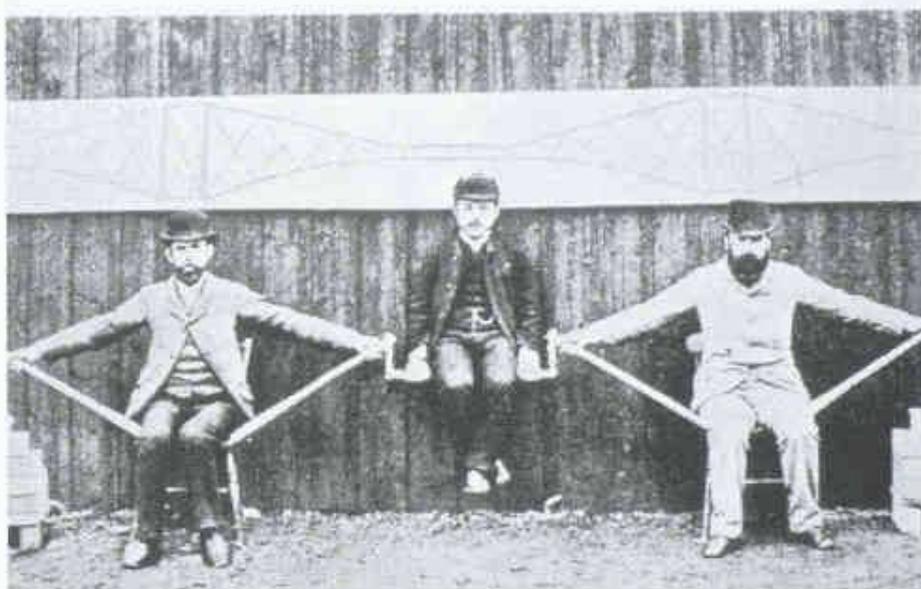
Überlegungen zur Strategie der «Nachhaltigkeit» in der Geschichte der Bautechnik

Angesichts der gegenwärtigen Umweltlage und Krisensituation sind auch in der Planung, Bauproduktion und Technologie Strategien zu entwickeln, die innovative Reaktionen beinhalten. Die Forderung nach «Stabilisieren und Umverteilen» (von Ressourcen, Verbrauch und Zerstörung) kann heute nicht mehr genügen. Eine nachhaltige Wirkung auf Mensch, Gesellschaft und Umwelt sollte durch qualitative Entwicklung gefördert werden. Dazu gibt es Beispiele aus der Geschichte der Bautechnik. Der Übergang von den «Grenzen des Wachstums» zu einem «Wachstum der Grenzen» oder vom quantitativen zum qualitativen Denken und Handeln ist deshalb nicht ganz neu. Neu ist hingegen die Bewältigung von Problemstellungen mit immensen Dimensionen in geopolitischer Gleichzeitigkeit, das Tempo der Durchführung und eben die bleibende Wirksamkeit der Massnahmen. In der Folge sollen einige Beispiele und Arbeitsfelder nachhaltiger Entwicklung im Bereich der Bautechnik dargestellt werden.

Ressourcenschonende Bautechnik

Wie ein Ariadnefaden zieht sich durch die Geschichte der Bautechnik - es soll hier bei der industriellen Revolution angesetzt werden - ein Erfindergeist von Persönlichkeiten, Gruppen und Denkschulen, die danach trachteten, entsprechend den veränderten Bauaufgaben der Zeit, Bauwerke zu entwickeln, die mit immer weniger Material immer grössere Leistungen zu erbringen vermöchten. Vorerst ging es um die Überwindung materialbedingter Grenzen von Spannweiten durch Systemerfindungen oder Typologien im Tragverhalten des Eisens, d.h. um das «Wachstum äusserer Grenzen» (Bilder 1 und 2).

In der Pionierzeit des Industriezeitalters war es der *Brückenbau*, der mit der *Iron Bridge* im mittelenglischen Coalbrookdale (1777-79; Abraham Darby III. und John Wilkinson) eine Wendemarke setzte, die Steinbogenbrücke nach römischem Muster ablöste und eine Entwicklung einleitete, die mit der Formel *more for less* charakterisiert werden kann. Das Voran-



1
Benjamin Bakers Versuchsanordnung des Durchlaufträgerprinzips für die Forth-Brücke (westlich von Edinburgh, 1887)

schreiten der Technik, Materialverminderung mit grösseren Spannweiten, d.h. Wirkungsgrad der Ressourcen und Wirkweise des Systems zu kombinieren, hing dabei von mehreren Faktoren ab: vom Übergang vom Gusseisen- zum Walzverfahren,

von der Verhüttungstechnologie, aber auch von der Ablösung der umweltverwüstenden Holz- durch die effizientere - aber immer noch nichterneuerbare Ressourcen verbrauchende - Steinkohle, der Fördertechnik durch Dampfantrieb usw.



2
«Gerberette» am Centre Pompidou in Paris, 1977 (Ingenieur: Peter Rice; Architekten: Renzo Piano, Richard Rogers)



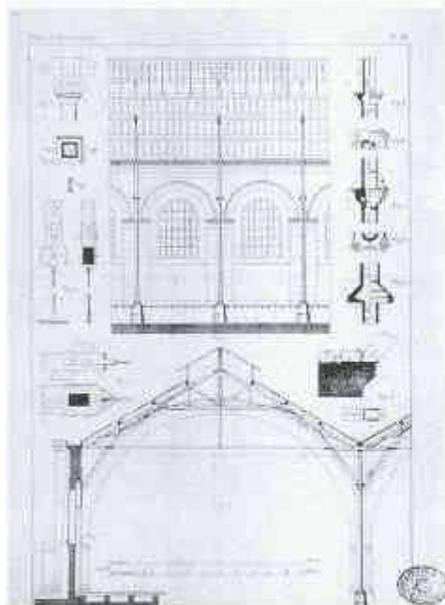
3
«Iron Bridge» über den River Severn bei Coalbrookdale (1777); oben rechts

4
Ganterbrücke am Simplonpass von Christian Menn (1978); rechts



5

Bahnhofshalle der Chemins de fer du Nord, Paris 1862 (Léonce Reynaud, Architekturlehrer und Nachfolger Durands an der École Polytechnique)



6

Waterloo-Station, London 1995 (Architekt: Nicholas Grimshaw; Ingenieur: Anthony Hunt)



Ausserdem bewirkte die Verbindung von empirischem Experiment mit methodischem Verfahren eine neue Qualität von Erfindungen. Schliesslich wirkten auch soziale und kulturelle Veränderungen mit: Kommunikative Prozesse im Zusammenhang mit nationaler Vereinheitlichung, die integrative Wirkung regionaler Märkte sowie materielle Manifestation der neu strukturierten Öffentlichkeit im Verlauf der Industrialisierung erforderten eine Infrastruktur von Brücken- und Strassenbauten, Kanälen und Eisenbahnlinien, Markthallen, Ausstellungspavillons und Palmenhäusern; dazu kamen Spitäler, Schulen und beheizte Stadtwohnungen. Die Ingenieure und Architekten waren (wie die Künstler) Darsteller der seit der englischen, amerikanischen und Französischen Revolution in Gang gesetzten gesellschaftlichen Prozesse sowie des neuen Raum-Zeit-Gefühls. Spuren dieser Tradition sind auch heute zu finden (Bilder 3 und 4).

Die Eroberung des nationalen und sehr schnell auch des internationalen Territoriums - oder die raum-zeitliche Integration der Gesellschaft und ihrer Kulturen - erfolgte ab 1830 durch die *Eisenbahn*. Sie wurde technisch durch das Walz- oder Profilverfahren des Eisens bzw. Stahls möglich (Schienen, Wagenmaterial, Bahnhofshallen), wirtschaftlich durch die nationale und internationale Marktentwicklung notwendig und sozialgeschichtlich durch die unbegrenzten kommunikativen Verbindungen sowie durch den verstärk-

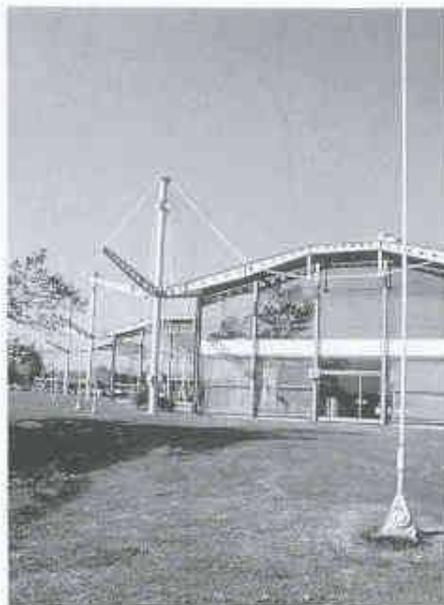
ten Wunsch der Naturerschliessung sinnvoll. Die Bahnhofshallen der Pionierzeit des Eisenbahnwesens dienten nicht nur Abfertigungszwecken, sondern waren soziale Treffpunkte, Anfangsorte abenteuerlicher Reisen und Zeichen industrieller Leistungen der Nation.

Die Bautechnik stand vor ganz neuen Herausforderungen, denn es mussten in kurzer Zeit unzählige grosse Hallen aufgestellt werden, die bisher unbekannte Spannweiten mit Leichtigkeit bewältigen konnten. Das traditionelle, der Brückentechnik entlehnte Tragsystem wurde sehr bald abgelöst durch den unterspannten Fachwerkträger. Dieser war in der Lage, den Materialaufwand durch die Technik der Zugkabel entscheidend zu verringern; in der Leistungsfähigkeit (Spannweite und Tragfähigkeit) markierte er einen Systemwechsel. Diese Erfindung ist auf Camille Polonceau zurückzuführen, der diesen Konstruktionstyp ein Jahr nach seinem Studium an der damals ersten modernen industriellen Ausbildungsstätte für Ingenieure und Architekten, der *École Centrale des Arts et Manufactures* in Paris, veröffentlichte (1837). Der Wetlauf zwischen England und Frankreichs Ingenieuren und Architekten um das 'Wachstum der äusseren Grenzen' wird immer noch ausgefochten, wie die Kopfbahnhöfe der Channel-Verbindung London-Paris verdeutlichen (Bilder 5 und 6).

Seit Mitte des letzten Jahrhunderts verwendeten die Baumeister die Hallentechnik für internationale *Ausstellungsge-*

bäude, Markthallen u.a. Während parallel zur unterspannten Konstruktion auch Fachwerkträger angewandt wurden (Crystal Palace, London 1851, von Joseph Paxton; Halles centrales, Paris 1855, von Victor Baltard), setzte sich anlässlich der internationalen Ausstellung 1889 in Paris ein neuartiger Typ durch: der Gelenkbogen des Palais des Machines. Der Erfinder hiess Victor Contamin, war Ingenieur, ehemaliger Student und Lehrer an der bereits erwähnten École Centrale und arbeitete zusammen mit dem Architekten Charles Dutert, Absolvent der École des Beaux-Arts. Contamin zeigte mit seiner Erfindung, die im grossen Stil zur Anwendung kam, dass das Gelenk oder der Knotenpunkt zu einem entscheidenden Leistungsträger werden kann oder muss, wenn das konstruktive System in bisher unbekannte Dimensionen vorstossen soll. Die Leistungssteigerung des Knotens bedingte nun aber verbesserte Materialeigenschaften bzw. Wirkungsgradsteigerung des Materials, die dank neuer chemischer Erkenntnisse und durch hochwertige Produktionsprozesse, d.h. durch ein 'Wachstum der inneren Grenzen', erreicht werden konnten.

Im Übergang von den äusseren (Spannweiten) zu den inneren (Knoten) Grenzwerten des Materials wird wohl zum erstenmal eine Umwälzung des Denkvormögens vom sichtbaren (geometrisch erfassbaren) zum unsichtbaren (mathematisch erschliessbaren) Material- und Systemverhalten deutlich. Wesentliche theo-



7

Renaultwerke Swindon, Südwest-England 1983
(Architekt: Norman Foster, Ingenieure: Ove Arup
Partners); links aussen

8

Oriol Chambers Building von Peter Ellis an der
Water Street, Liverpool 1864; links

9

«Grünenhof», Seminarzentrum der Schweiz.
Bankgesellschaft, Nähe Paradeplatz Zürich
(Architekt: Theo Hotz); unten



retische Vorarbeiten dazu leistete Carl Culmann, der erste Professor an der Bauingenieurabteilung des 1855 neu gegründeten Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich. Diese Denkweise eröffnete eine ganze Traditionslinie, die in unserem Jahrhundert etwa von Buckminster Fuller (experimentell), Konrad Wachsmann (wissenschaftlich-systematisch), Fritz Haller (integral) und Peter Rice (ingeniös) weiterverfolgt wurde. Es ist offensichtlich, dass in diesem Forschungsbereich noch ungeahnte Möglichkeiten von Erfindungen in der Optimierung der Ressourcennutzung liegen (Titelbild und Bild 7).

Ein drittes Arbeitsfeld innovativer und «ingeniöser» Architektur neben dem Brücken- und Hallenbau liegt in der nicht-tragenden Vorhangfassade, der *Curtain wall*. Sehr früh, schon in den 1860er Jahren, versuchte der Architekt Peter Ellis in der hochverdichteten Alistadt von Liverpool, möglichst viel Tageslicht in die Kontorhäuser bzw. in die verwinkelten Gassen und engen Hinterhöfe dieser damals bedeutenden Hafenstadt hineinzubringen, um den hygienischen und gesundheitlichen Komfort zu verbessern. Ellis stützte sich dabei auf eine Art Genealogie der Fassadenentwicklung ab, die über verschiedene Etappen vom Lochfenster über vertikale und horizontale Fensterbänder bis zur verglasten Wandpartie vorgestossen war, und erfand folgerichtig die «hängende Glashaut». Es war nicht nur das leistungsfähigere gewalzte Eisen und die Herstellungstechnik gross-flächigerer Glaselemente, sondern im wesentlichen auch die der Industriearchitektur der mittellenglischen Textilfabriken entlehnte Skelettbauweise, dank der die Fassade vom Tragwerk gelöst und selbsttragend, d.h. als Leicht-

konstruktion, ausgebildet werden konnte. Gleichzeitig kam diese Technik auch in Frankreich erstmals zur Anwendung; z.B. bei der neuerdings der Fa. Nestlé als Hauptsitz dienende und sanierte Schokoladenfabrik Menier in Noisiel westlich von Paris (Ingenieur und Metallbauunternehmung: Armand Moisant, Absolvent der École Centrale; Architekt: Jules Saulnier; erbaut 1871-1872). Auch in New York kamen nach der Jahrhundertmitte vorgehängte Eisenfassaden zur Anwendung (Bogardus, Badger u.a.).

Anschließend prägte diese Eisenrahmenkonstruktion und das System der vorgehängten «Gebäudehülle» die Bautechnik der *Chicago School of Architecture* nach dem Brand von 1871. Der erste Bau in Chicago, der 1879 pionierhaft diese Technik anwandte, war das *First Leiter Building* von William Le Baron Jenney, ebenfalls Absolvent der École Centrale in Paris (und Studienkollege von Gustave Eiffel). Heute erfasst dieses konstruktive System neben Industrie- und Büro- auch Repräsentationsbauten, wie das Beispiel des «Grünenhofs» der Schweiz. Bankgesellschaft in der Zürcher City verdeutlicht (Bilder 8 und 9).

Während hier die Eisen- und Glas-technologie im Bauwesen in den Vordergrund gestellt wurde, könnte und müsste ebenso eine «genealogische Entwicklungslinie» der Konstruktionen in *Eisenbeton* dargestellt werden. Deren Verlauf seit dem Übergang des Betons zum Tragwerkssystem (z.B. eisenarmierte Betonstruktur der Fa. Hennebique) über die Auflösung des Tragwerks in Rippen und Stäbe (z.B. Coignet, Freyssinet, Nervi, Mangiarotti) bis zur Erfindung dünner Schalen (Isler-Schalen, Peter Rice: Sydney Opera, Renzo Piano: de Menil Museum usw.) verdeut-

licht ebenfalls die erfinderische Kombination der Steigerung der Leistungsfähigkeit im Tragverhalten mit derjenigen der Materialeigenschaften (beispielsweise vorgespannte und Verbundkonstruktionen) zum Zwecke der Einsparung von Material und Gewicht, Geld und Zeit; gegenwärtige Forschungen liegen überdies in der Montage-/Demontagetechnologie und der Recycling-Fähigkeit (Bilder 10 und 11).

Das Gebäude als Teil der Umweltdynamik

Die heute grossgeschriebene «Haustechnik» oder «integrale Gebäudetechnik» geht ebenfalls aufs letzte Jahrhundert zurück. Sie versucht, im Arbeitsbereich der Architekten und Ingenieure, den Energiehaushalt, das Raumklima und den Einfluss des Gebäudes auf die Umwelt zu organisieren. Eines der ersten integralen Modelle der Gebäude-Umwelt-Dynamik stammt von Catherine Beecher, der Schwester der Autorin von «Onkel Toms Hütte». Deren «American Woman's Home» aus dem Jahre 1869 stellt eine Pionierleistung dar, indem eine Holzfeuerung mit der Kochstelle sowie mit der Umluftheizung und Warmwasseraufbereitung zu einer integralen Gebäudetechnik kombiniert wird. Diese Erfindung eröffnete eine Entwicklungslinie über Frank Lloyd Wrights Präriehäuser bis hin zum aktuelleren Konzept des Lloyd's-Building von Rogers. Auch hier wird von aussen einströmende Frischluft im Rauminnern aufgewärmt, jedoch über den Arbeitsprozess, d.h. über Eigen- und Abwärme von Menschen und Computern und (allerdings nicht als verbrauchte Luft über Klappen nach aussen geführt wie bei

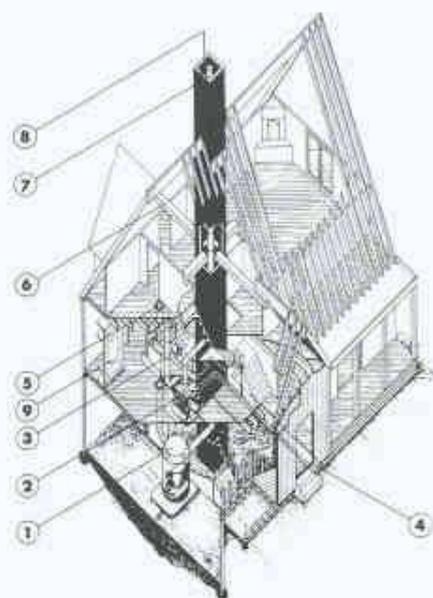


10

Fiat-Lingotto in Turin 1916–20 (Ingenieur: Giacomo Matte Trucchio; Betonausführung: Soc. Porcheddu, Lizenznehmerin des »Système Hennebique« in Italien); oben

11

The Menil Collection Museum in Houston (Texas) 1981–86 (Architekt: Renzo Piano; Ingenieure: Ove Arup Partners mit Peter Rice u.a.); unten

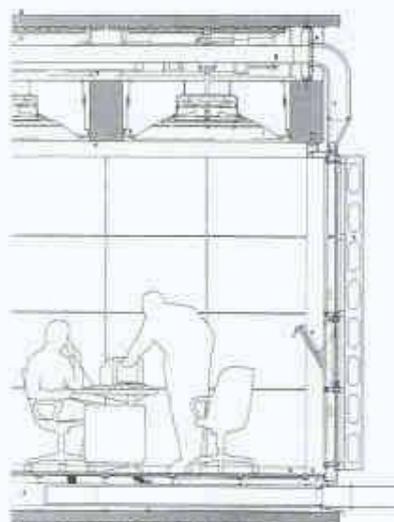


12

Catherine Beecher's »American Woman's Home« von 1869: Pioniermodell integraler Gebäudetechnik; oben

13

Lloyd's Building, London 1977: Schnitt durch einen Arbeitsraum mit den Hohlräumen in Boden, Decke und Gebäudehülle für die Luftzirkulation (Architekt: Richard Rogers; Ingenieure: Ove Arup Partners, darunter Peter Rice); oben rechts



Beecher) durch den Hohlraum zwischen der inneren und äusseren Verglasung der Gebäudehülle zu deren Temperierung verwendet, abgeführt und wieder aufbereitet; doch das Kreislaufprinzip ist ähnlich, indem ein regenerierbarer Rohstoff (Luft) mit nur einer zusätzlichen Energiequelle (hier Computer, dort Holzfeuerung) kombiniert wird (Bilder 12 und 13).

Der bereits erwähnte Übergang »von der Mauer zur Gebäudehülle« mittels Systemwechsel von Massiv- zu Skelettbau führte nun nicht nur zur *curtain wall*, sondern zum Denken in Raumschichten im Bereich der Fassade. Peter Ellis realisierte bereits um 1865 in Liverpool zwei Gebäude mit einer solchen raumhaltigen Schicht zwischen Tragwerk und Glashaut; diesen Zwischenraum nutzte er für Ausbuchtungen der Fenster, um mehr Oberfläche für den Lichteinfall (seitlich und oben) zu erhalten (*Bay windows*). Gleichzeitig reflektierten solche mäandrierenden Fassaden das Tageslicht in den engen Hinterhöfen und verbesserten deren Helligkeit und Klima. Diese »Zwischenschicht« wurde nun im historischen Verlauf der Bautechnik zu einer eigentlichen Pufferzone mit innerer und äusserer Verglasung entwickelt, die die Klimaschwankungen und die Temperaturunterschiede zwischen Innen und Aussen konditionieren konnte. Das »Lloyd's-Prinzip« erfuhr mittlerweile durch Testobjekte und realisierte Beispiele räumliche und technische Erweiterungen in Richtung »Doppelwand-Fassade«.

Ein Sonderfall stellt das Sainsbury Centre for the Visual Arts an der ostenglischen Universität Norwich von Norman Foster dar, wo das Tragwerk zum Raumfachwerk verräumlicht ist und so zu einem idealen Träger der Elemente der energeti-

schen, klimatischen und lichttechnischen Lenkung, Kontrolle und Steuerung des Raumkomforts wird. Die innerhalb der Gebäudehülle liegende und ringsum führende Raumschicht stellt damit einen Leistungsträger dar, der verschiedenste Funktionen erfüllt und kombiniert und mit dem natürlichen Klima «mitarbeitet» (Bilder 14 und 15).

Neuere Glastechnologien zeigen, dass dasselbe Prinzip auch innerhalb einer dünnen mehrschichtigen Glasfassadenhaut organisiert werden kann oder in einer Kombination von Aktivierungs- und Speicherschichten (z.B. «Transparente Wärmedämmung», TWD). Ein Vorläufer dazu stammt von Frank Lloyd Wright: die Glasröhren-Fassadenhaut der Johnson's-Fabrik in Racine, Wisconsin (Bilder 16 und 17).

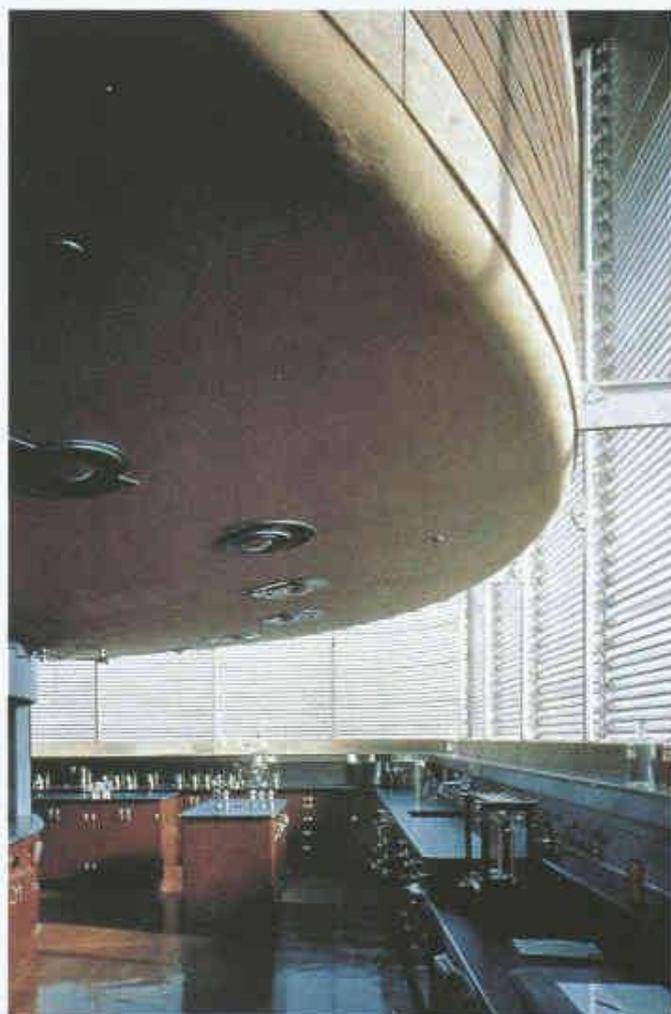
Diese Technologien helfen, das Gebäude zum Bestandteil des natürlichen Klimaaustausches zu machen, den Energieverbrauch zu drosseln, verbrauchte Luft wiederaufzubereiten, Sonnen- und auch Tageslicht nutzbar zu machen, ohne auf ressourcenverschleissende Heizungs- und Klimaanlage zurückgreifen zu müssen. Im Rahmen dieser «nachhaltigen» Strategie steht auch die neue, zentrale Eingangshalle der Leipziger Messe von Ian Ritchie. Zusätzlich wird hier der Versuch einer Technologie-Reduktion gewagt, indem mit Hilfe eines natürlichen Durchlüftungssystems der Technisierungsgrad optimiert wird; Architekt und Ingenieur griffen dabei auf die Klapplamellen zurück, wie sie schon 1851 Joseph Paxton beim Londoner Kristallpalast verwendete, um das Raumklima jener gewaltigen Ausstellungshalle den wechselnden äusseren und inneren Bedingungen anzupassen (Bilder 18 und 19).

Schlussbemerkungen

Es wurde hier eine Traditionslinie der Bautechnik aufgezeigt, welche die Bedeutung erfindersicher, innovativer und die Wechselbeziehungen zwischen Mensch und Umwelt reflektierender Ingenieure und Architekten als Kulturschaffende illustriert. Die Denk- und Arbeitsfelder liegen dabei sowohl im Produkt (System und Typologie) als auch im Prozess (Produktion, Verteilung und Nutzung) sowie im «Zahn der Zeit».

Richard Rogers, der oben erwähnte englische Architekt, versuchte in fünf Vorlesungen im Rahmen einer BBC-Sendereihe vom März 1995 aufzuzeigen, was die seit «Rio» geforderte «Strategie der nachhaltigen Entwicklung» in den Bereichen von Stadtplanung, Ingenieurwesen und

Architektur bedeuten könnte («Reith Lectures»; deutsch in: «Arch+», Nr. 127, Berlin Juni 1995). Dabei vertritt er die These, dass «Nachhaltigkeit» auch in einer sinnvollen sozialen, räumlichen und energetischen Organisation und Durchdringung unserer Städte (neue wie erneuerungsbedürftige) begründet liegt und dass die Bautechnik die entsprechenden Massnahmen unterstützen sollte. Der Beitrag von Bauten und



16
Glasröhren als «Energiepuffer»: Fassadenhaut der Johnson's-Fabrik in Racine, Wisconsin (Architekt: Frank Lloyd Wright, 1936-39 und 1944-50); oben

14
Office Building, 16 Cook Street, Liverpool 1868 (Architekt: Peter Ellis); rechts

17
Eine Anwendung der TWD beim Bergrestaurant Hundwiler Höhe im schweizerischen Kanton Appenzell (Architekt: Peter Dransfeld; Engineering: Fa. Ernst Schweizer, Hedingen); unten



Anlagen an die «Nachhaltigkeit» liegt dabei nach Rogers in einer Kombination verschiedener Möglichkeiten, angefangen bei der Volumetric und Räumlichkeit über die Wahl von Tragwerkssystem und Material bis hin zum Prinzip der in die Umweltdynamik einbezogenen Klimakonditionierung: «Ich habe behauptet, dass es in der Architektur darum geht, den umfassendsten Bedürfnissen der Gesellschaft nachzugehen und Gebäude in den Zyklus der Natur mit einzubeziehen. Meiner Ansicht nach wird dadurch unsere Kunst wieder zu ihren Wurzeln zurückgeführt.» (3. Vorlesung, S. 49)

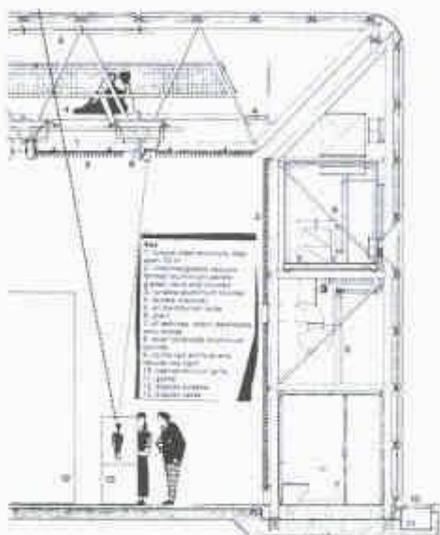
Adresse des Verfassers:
Ulrich Pfammatter, Dr. sc. techn. dipl. Arch.
ETH/SIA, Scheuchzerstr. 62, 8006 Zürich

Bildnachweis

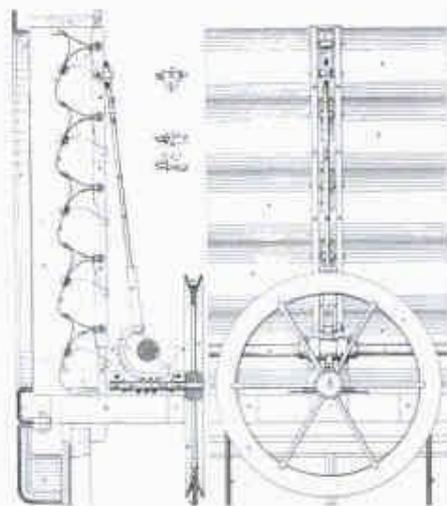
Arnold Koerte, Firth of Fourth, Firth of Tay. Zwei Eisenbahnbrücken einer Epoche. Basel, 1992: 1; Autor: 2, 6, 7, 8, 9, 14; Archiv Prof. Heinz Römer ETH-Zürich: 3, 4, 10; Léonce Reynaud, Traité d'Architecture, Bd. 2, Paris, 1850 (Tafelband): 5; Stuart Durant, Palais des Machines, London, 1994: Titelbild; Renzo Piano Building Workshop, Paris: 11; Reyner Banham, The Architecture of the Well-tempered Environment, London, 1969: 12; Lloyds Building, in: «The Architectural Review», Nr. 9, London Oct. 1986: 13; Sainsbury Art Centre, in: «The Architectural Review», Nr. 982, London Dec. 1978: 15; Peter Gössel u. Gabriele Leuthäuser (Ed.), Frank Lloyd Wright, Köln 1991: 16; TWD, in: «Fassade», Nr. 3/95, Dietikon/Schweiz 1995: 17; John McKean, Crystal Palace, Joseph Paxton and Charles Fox, London, 1994: 18; Leipziger Eingangshalle, in: «Fassade», Nr. 2/96, Dietikon/Schweiz 1996: 19.

Weitere Literaturhinweise zu den Abbildungen

Hans Straub, Die Geschichte der Bauingenieurkunst, Basel, 1992 (5)
Herbert Ricken, Der Bauingenieur. Geschichte eines Berufes, Berlin, 1994 (4)
«Detail» 4-95, München 1995 (6)
Sigfried Giedion, Bauen in Frankreich, Leipzig/Berlin 1928 (Titelbild)
Kurt Ackermann, Industriebau, Ausst.kat., Stuttgart, 1984 (7)
Q. Hughes, Liverpool, London, 1969 - Chicago School; Carl W. Condit, The Chicago School of Architecture, Chicago, 1964 (8/14)
Carlo Olmo, Il Lingotto 1915-1959, L'Architettura, L'immagine, Il Lavoro, Torino 1994 (10)
Renzo Piano Building Workshop: In search of a balance, «Process Architecture» Nr. 100, Tokyo 1992 (11)
Kenneth Frampton, s.a. Modernization and Mediation, Frank Lloyd Wright and the Impact of Technology; in: Frank Lloyd Wright Architect, Ausst.kat., New York, 1994; Peter Gössel u. Gabriele Leuthäuser (Ed.), Frank Lloyd Wright, Köln 1991 (16)



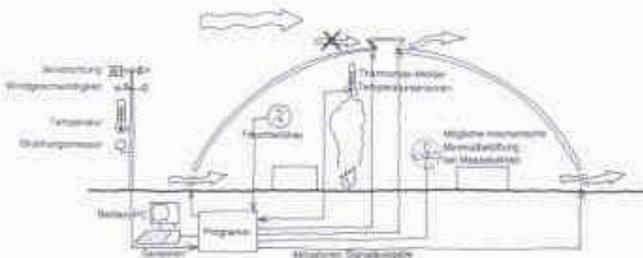
15
Sainsbury Centre, Universität Norwich
1974-1977: Schnitt durch Raumfachwerk als
Träger der Umwelttechnologie (Architekt: Norman Foster; Ingenieur: Anthony Hunt)



18
Mechanisch verstellbare Lüftungskappen im
Bereich der Gebäudehülle des Londoner Kristallpalastes von Joseph Paxton (1851)

19
Eingangshalle Messegeleände Leipzig (Architekt:
Ian Ritchie; Ingenieur: J.-D. Wörner; Integrale
Planung: HL-Technik; 1996)

Kontrolle und Steuerung



Klimakontrolle - Sommer



Klimakontrolle - Winter

