Beton

Beton in der Architektur

Beton.
Für große Ideen.

Zur Geschichte
eines Baustoffs

Inhalt

Beton in der Architektur	3
Vom „béton pisé“ zum Stahlbeton	6
„System Hennebique“	8
Auguste Perret	10
Auf dem Weg zu den großen Ideen	12
Erste plastische Formen	14
Die ersten großen Ideen	15
béton brut	16
Die ganz großen Ideen	18
Internationale Bauausstellungen	20
Das Tor zum 21. Jahrhundert: die Gebäude des Vitra Campus	21
Das 21. Jahrhundert	22
Spektakulär unspektakulär: Blaibach	24
Dämmbetone, Infraleichtbetone und Carbonbeton	25
Transformationen	26
Hoch hinaus	27
Brücken in die Zukunft	28
Fotonachweise	30

Beton in der Architektur Zur Geschichte eines Baustoffs

Beton wird oft als der „Baustoff des 20. Jahrhunderts“ bezeichnet. Dass er auch das Potential zum Baustoff des 21. Jahrhunderts hat, zeigen bereits heute betontechnologische Innovationen, der Einsatz CO_2-optimierter Zemente und Betone sowie innovative Betonbauweisen, die unseren Anforderungen an Klima- und Umweltschutz, Ressourceneffizienz und Kreislaufwirtschaft entsprechen – und die Architektinnen und Architekten immer wieder zur Schaffung innovativer Architekturen inspirieren.

Beton ist schon längst kein einfaches 3-Stoff-Gemisch aus Zement, Wasser und Zuschlag mehr. High-Tech-Betone sind heute 6-Stoff-Systeme aus Zement, Gesteinskörnung, Wasser, Zusatzmittel, Zusatzstoffen und Luft. Durch intelligentes Variieren und Modifizieren dieser Bestandteile kann Beton ganz neue Verarbeitungs- und Nutzungseigenschaften gewinnen – als Selbstverdichtender Beton, der nicht mehr durch Rütteln verdichtet werden muss, als hochfester oder ultrahochfester Beton, als säureresistentes Baumaterial, als Faserbeton mit Zusätzen von Stahl-, Glas- oder Carbonfasern, als Leicht- und Infraleichtbeton oder selbstreinigender Beton.

Welche Einflüsse hat der „Baustoff des 20. Jahrhunderts“, hat die Entdeckung des Baustoffs Beton auf Entwicklungen in der Architektur genommen? Im Folgenden spüren wir der Entwicklung des Baustoffs Beton und seinen Einflüssen auf die Architektur nach.

1 | Niemeyer-Sphere auf dem Gelände der Kirow-Werke in Leipzig, 2020

2 | Der Ingenieur Louis-Joseph Vicat (1786–1861) gilt als einer der Initiatoren für das Bauen mit Beton in der Neuzeit. Ihm zu Ehren ließ Gustave Eiffel seinen Namen auf dem Eiffelturm eingravieren.

Unsere kurze Geschichte des Baustoffs Beton beginnt in Paris: Denn es ist der französische Ingenieur und Konstrukteur von Bauwerken aus Stahl, Alexandre Gustave Eiffel, der mit dem Pariser Eiffelturm nicht nur das damals höchste Wahrzeichen der Welt schuf, sondern auch – seiner Zeit vorausschauend – dem neuzeitlichen Bauen mit Beton eine erste Anerkennung erwies.

Der von 1887 bis 1889 errichtete Eisenfachwerkturm wurde zur Erinnerung an den 100. Jahrestag der Französischen Revolution als monumentales Eingangsportal und Aussichtsturm für die Weltausstellung 1900 errichtet. Das erste Stockwerk des Turms wird von einem großen durchgehenden Balkon umschlossen, der durch den Rhythmus der Klammern unterbrochen wird, die den umlaufenden Balkon stützen. Eiffel ließ hier die Namen von 72 Wissenschaftlern und Ingenieuren, die zwischen 1789 und 1889 in Frankreich lebten und arbeiteten, in Anerkennung ihrer Arbeiten und Entdeckungen eingravieren. Unter diesen findet sich auch – in 60 Zentimeter hohen versalen Lettern so groß geschrieben, dass es jeder vom Erdboden aus lesen konnte – der Name **VICAT** (2). Der Ingenieur Louis-Joseph Vicat (1786 – 1861) gilt als einer der Initiatoren für das Bauen mit Beton in der Neuzeit.

Erste hydraulisch erhärtende Mörtel wurden bereits um 1.000 v. Chr. von den Phöniziern eingesetzt, die gebrannten Kalk mit gemahlenen Ziegeln oder vulkanischen Aschen (Puzzolanen) vermischten. Seit dem dritten Jahrhundert v. Chr. nutzten die Römer Gemische aus Bruchstein, Puzzolan- und Ziegelmehl sowie gebranntem Kalk und entwickelten mit dem „opus caementitium“ eine frühe Betonbauweise. Die Kuppel des 128 n. Chr. errichteten **Pantheons** (3) in Rom erreichte bereits eine Spannweite von mehr als 43 m.

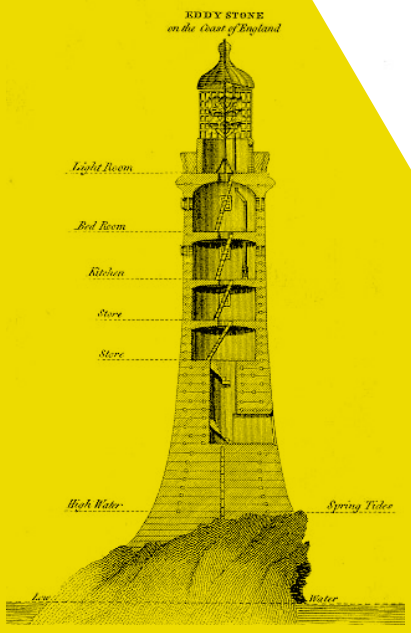
Über das Mittelalter bis hin zum 19. Jahrhundert wurden Bindemittel, die durch den Zusatz von Puzzolanen hydraulische Eigenschaften aufwiesen, handwerklich

3 | Kuppel des 128 n. Chr. errichteten Pantheons in Rom mit einer Spannweite von über 43 m.

eingesetzt. Selbst bei den kühnen Steinbauten der Gotik wurden aufgrund der präzise behauenen Steinquader und der damit möglichen dünnen Mörtelfugen noch keine besonderen Anforderungen an die Festigkeit der Bindemittel gestellt. Der Franzose Bernard de Bélidor beschreibt in seinem 1737 – 1753 erschienenen Werk „Architecture hydraulique”, einem Kompendium des Wissens über die Hydraulik, als einer der Ersten die Herstellung und Verwendung von Beton für Fundamentierungsarbeiten unter Wasser. „Wie beym Grundlegen unter dem Wasser, wobey man keine Umdämmungen und kein Ausschöpfen anwendet, der Mörtel, Beton genannt, gebrauchet wird.“ Dazu wurde ein nach unten hin offener hölzerner Kasten gebaut, versenkt und schichtweise mit hydraulisch erhärtendem Mörtel verfüllt.

Das wesentliche Merkmal der hydraulisch erhärtenden Kalke, die Beimengung von Ton vor dem Brennen, wurde von dem Engländer **John Smeaton** entdeckt. Sein Bericht über die Konstruktion seines 1759 errichteten Leuchtturms (4) aus mit wasserfestem Mörtel gesicherten Granitblöcken erscheint 1791. Als Reminiszenz an den römischen „opus caementitium“ nannte der englische Kalifabrikant James Parker das neue Produkt „Romanzement“, ein innovativer Baustoff, der schnell erhärtet, dauerhaft und wasserbeständig ist. Smeatons neue Erkenntnisse werden 1810 ins Französische übersetzt und –

4 |



wie auch die von Bélidor – wohl auch von Vicat wahrgenommen.

Als junger Ingenieur wurde Vicat 1812 mit dem Bau einer Brücke über die Dordogne zwischen Souillac und Lanzac im Südwesten Frankreichs beauftragt. Der Bau sollte sich über 10 Jahre hinziehen, da die staatlichen Mittel in den napoleonischen Kriegen verschlungen wurden. So blieb ihm die Zeit, eine Lösung für das Problem der schlechten Qualität der damals verwendeten Kalke zu finden, und er erfand ein Material aus stark hydraulischem Kalk, Sand und Kies. 1817 veröffentlichte Vicat seine Entdeckungen und fordert alle Ingenieure auf, nach natürlichen hydraulischen Kalken zu suchen, um die Entwicklung des neuen Baustoffs weiter voranzutreiben. 1818 wird seine Entdeckung von der Königlichen Akademie der Wissenschaften Frankreichs bestätigt, 1821 wird er mit dem Titel „Ritter der Ehrenlegion“ ausgezeichnet, 1833 in die renommierte französische Akademie der Wissenschaften aufgenommen. Vicats Brücke über die Dordogne, 1824 fertiggestellt, steht noch heute. Ebenso die **Brücke „Jardin des plantes”** in Grenoble, eine der ersten Gussbetonkonstruktionen der Welt, 1855 von Joseph Vicat und seinem Sohn und Louis erbaut. Die Brücke wurde 2017 erstmalig restauriert (5).

Sein Sohn Joseph Vicat gründete das noch heute tätige Unternehmen Béton Vicat. Der französische Schriftsteller Honoré de Balzac würdigte Vicat 1839 in seinem Roman Le Curé de village, „Der Dorfpriester”, und schreibt: „Was wird der Lohn von Vicat sein, demjenigen unter uns, der den einzigen wirklichen Fortschritt in der praktischen Wissenschaft des Bauwesens gemacht hat?“

5 | Die Brücke „Jardin des plantes” in Grenoble, eine der ersten Gussbetonkonstruktionen der Welt, erbaut 1855 von Joseph und Louis Vicat. Die Brücke wurde 2017 erstmalig restauriert.

7 | Die Maison Coignet im heute leider verfallenen Zustand.

8 | Das Home Insurance Building in Chicago, 1885 fertiggestellt, war eines der ersten hohen Gebäude, das von einer feuerfesten Stahl- und Metallkonstruktion getragen wurde, die auch bewehrten Beton enthielt.

Vom „béton pisé“ zum Stahlbeton

Vicats Erfindung jedoch war noch kein Zement im heutigen Sinne, sondern ein hydraulisches Bindemittel, vergleichbar dem des englischen Maurermeisters und Bauunternehmers Joseph Aspdin, der 1824 – im selben Jahr der Fertigstellung von Vicats Brücke über die Dordogne – ein ebenfalls von ihm entwickeltes hydraulisches Bindemittel unter dem Namen „Portland Cement” zum Patent anmeldete.

Erst in den vierziger Jahren des 19. Jahrhundert wurde im Rahmen der fabrikmäßigen Herstellung das Rohstoffgemisch bis zur Sintergrenze gebrannt und damit eine mineralogische Zusammensetzung erzielt, die heutigen Zementen nahekommt. Mit der Verfügbarkeit eines hydraulischen Bindemittels, das hohe Festigkeiten erreicht und eine exzellente Dauerhaftigkeit aufweist, wurde es möglich, arbeitsaufwändiges und teures Mauerwerk durch den Baustoff Beton zu ersetzen. Durch Verstärkung des Betons mit Eisenarmierungen wurde zudem die Ausbildung von biege- und zugbeanspruchten Bauteilen aus Beton möglich.

Vicats Arbeiten wurden in Frankreich nicht nur von Ingenieuren, sondern auch von Architekten rezipiert. Während sich die Ingenieure auf Anwendungen hydraulischer Bindemittel im Wasserbau konzentrierten, sind es die Gebrüder Jean-Auguste und François-Martin Lebrun, die das neue Material auch im Hochbau einsetzen und damit zeigen, wie das Bauen mit Beton vorangetrieben werden kann. Gemeinsam führten sie drei Unternehmen, die sich auf den Umgang mit dem neuen **Material „béton pisé“** – einem nach dem Vorbild des Stampflehms entwickelten Stampfbeton – spezialisiert hatten. U. a. 1829 errichten die Brüder eine Villa (6), deren Außenwände aus unbewehrtem Stampfbeton bestehen.

Ab Mitte der 1840er Jahre experimentiert auch der französische Unternehmer und Bauingenieur Jean François Coignet mit einem Stampfbeton, den er als „béton aggloméré“ bezeichnete. Er patentierte zahlreiche Verfahrensweisen und Anwendungsfälle, etwa im Hausbau, aber auch für öffentliche Projekte des Eisenbahn- und Wasserbaus. In einem Bericht in der Zeitschrift L’Ingénieur vom November 1855 anlässlich der Weltausstellung in Paris, auf der Coignet seinen Beton vorstellen durfte, bespricht er die Vorteile des Materials und stellt dessen ökonomische Bedeutung heraus: Die massive, bereits mit Eisenprofilen bewehrte Stützmauer seines privaten Anwesens, der 1853 errichteten **Maison Coignet** (7), kostete lediglich 5.000 Franc – statt der üblicherweise für eine Ziegelbauweise zu veranschlagenden 18.000 oder für eine Steinbauweise zu veranschlagenden 35.000 Franc. Auch für den Bau der Kirche Sainte-Marguerite in Le Vésinet (1862–65) konnte der Bauunternehmer Coignet Beton einsetzen. Hier verblieben die Außenwände sogar in Sichtbeton. Bereits 1861 veröffentlichte François Coignet Grundsätze für die Verwendung von bewehrtem Beton und stellte 1867 auf der Weltausstellung in Paris Träger und Röhren aus bewehrtem Beton aus.

Coignet ist nicht der Einzige, der mit bewehrten Bauteilen aus Zement arbeitete. 1848 baute Joseph-Louis Lambot ein Boot aus eisenverstärktem Zementmörtel, das er auf der Weltausstellung 1854 präsentierte und 1855 patentieren ließ. Der englische Bauunternehmer William Boutland Wilkinson erhielt 1854 ein Patent auf Eisenbeton und wendete es um 1860 für Decken in Häusern an. Parallel dazu führte der amerikanische Rechtsanwalt Thaddeus Hyatt seit 1855 Versuche über die Verwendung von Eiseneinlagen in Beton durch. Das **Home Insurance Building** (8) in Chicago, 1884 von William Le Baron Jenney entworfen und im Jahr darauf fertiggestellt, war mit 59,9 m eines der ersten hohen Gebäude, das sowohl innen als auch außen von einer feuerfesten Stahl- und Metallkonstruktion getragen wurde, die auch bewehrten Beton enthielt. Aber erst das 1867 von Joseph Monier erwirkte Patent auf die Herstellung drahtbewehrter Blumenkübel aus Zement wird als der eigentliche Beginn der Stahlbetonbauweise angesehen. 1875 beauftragte der Architekt Alfred Dauvergne auf Wunsch des Besitzers des Schlosses Chazelet Joseph Monier mit der Planung und dem Bau einer Brücke aus Eisenbeton, die eine Stützweite von 16,5 m aufwies und die Überquerung des Schlossgrabens ermöglichte. Es war die erste bewehrte Betonbrücke der Welt. Die Patente Moniers wurden 1885 in Deutschland von Conrad Freytag und Gustav Adolf Wayss erworben.

6 | Die Gebrüder Jean-Auguste und François-Martin Lebon errichteten bereits 1929 eine Villa, deren Außenwände aus „béton pisé“ unbewehrtem Stampfbeton bestehen.

„System Hennebique“

Durch **Hennebiques Methode** wurden Decke, Balken und Stützen zu einer Einheit verbunden, wobei Rundeisenstangen und Bügel aus Flacheisen als Verbindungsglieder dienten.

Er setzte damit sowohl im Brücken- als auch im Wohnungsbau einen wichtigen Meilenstein.

Es war schließlich die Pariser Weltausstellung von 1900 – unter dem „Zeichen der Revolution“, dem Eisenfachwerkturm von Gustave Eiffel – die dem Stahlbeton endgültig zum Durchbruch verhalf. Der französische Bauingenieur und Bauunternehmer François Hennebique hatte nach seiner Lehre als Steinmetz die Bauweise mit eisenverstärktem Beton nach dem System Joseph Monier kennengelernt. Um die Feuersicherheit von Bauwerken zu verbessern, ersetzte er bereits 1879 die eisernen Träger und Stützen der Decken seiner Bauwerke durch Eisenbetonkonstruktionen. In seiner Auseinandersetzung mit der neuen Technik entwickelte er eine wirtschaftlich effiziente Konstruktion von Geschossdecken als monolithisches System aus bewehrtem Beton. 1892 eröffnete Hennebique ein Ingenieurbüro in Paris und meldete erste Patente für den Stahlbetonbau nach dem „System Hennebique“ an. Durch Hennebiques Methode wurden Decke, Balken und Stützen zu einer Einheit verbunden, wobei Rundeisenstangen und Bügel aus Flacheisen als Verbindungsglieder dienten. Er setzte damit sowohl im Brücken- als auch im Wohnungsbau einen wichtigen Meilenstein. Dieses System stellte er auf der Pariser Weltausstellung von 1900 einem breiten Publikum vor. Im selben Jahr errichtete Hennebique mit dem Architekten Édouard Arnaud das erste Pariser Gebäude in der Stahlbetontechnik des **Hennebique-Systems** (9). Die Fassade des Gebäudes wurden mit Jugendstilkeramik oder Mosaiken des Keramikers Alexandre Bigot verziert.

1903 errichtete Hennebique für sich und seine Familie im Pariser Vorort Bourg-la-Reine eine Villa, die die damals sowohl technisch wie auch ästhetisch innovativen Möglichkeiten des Stahlbetons im Wohnungsbau zeigte. Das „System Hennebique“ trug maßgeblich zur internationalen Verbreitung des Stahlbetonbaus bei. In Deutschland wurde es u. a. von Eduard Züblin und Max Pommer übernommen. Als erstes nach diesem System erbautes Bauwerk Deutschlands gilt der von der Firma Eisenbetonbau Max Pommer 1898/99 unter dem Architekten Max Pommer ausgeführte Erweiterungsbau der Notendruckerei Carl Gottlieb Röder in Leipzig.

9 | In der Rue Danton in Paris wurde 1900 das erste Pariser Gebäude nach dem Hennebique-System errichtet.

Auguste Perret

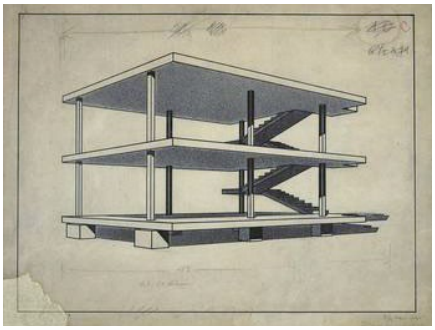
Das **Wohnhaus in der Pariser Rue Franklin** (10) von Auguste Perret gilt als erster Hochbau aus Eisenbeton, dessen Grundgerüst, eine Skelettstruktur, an der Fassade zwar mit Keramikplatten belegt, aber eindeutig ablesbar ist. Perret setzte hier 1903 das System Hennebique ein. Das Gebäude lässt den Drang erspüren, mit Eisenbeton etwas Neues, nie Dagewesenes in der Architektur zu schaffen. In Abkehr von Eklektizismus und Historismus drängte Perret das Ornament zurück und stellte die tragende Konstruktion in den Vordergrund. Mit seinem sachlicheren Ansatz sorgte Auguste Perret dafür, dass Beton nicht nur als Baustoff für Fabriken und Brücken, sondern auch für öffentliche Gebäude Anerkennung fand. Perret entwickelte bei einer Reihe von Bauprojekten in Paris eine klassisch-moderne Formensprache, indem er Beton als zweckmäßiges Material behandelte, dem man durch Farbe und Feinheit im Detail auch eine ansprechende Erscheinung geben konnte. Dennoch gelang es Perret nur bedingt, einen neuen Stil in der Architektur einzuführen.

10 | Das 1904 errichtete Wohnhaus in der Rue Franklin von Auguste Perret

Als einer der Ersten griff Adolf Loos den Gedanken der reduzierten Gestaltung auf, die bei dem Wohnhaus in der Rue Franklin erstmals Wirklichkeit wurde, und prangerte das Ornament in seinem Buch „Ornament und Verbrechen“ von 1908 wörtlich als „Unglück“ an. Nach Loos ist die „Evolution der Kultur (...) gleichbedeutend mit dem Entfernen des Ornamentes aus dem Gebrauchsgegenstande“. Die Fassade des von ihm 1911 entworfenen **Geschäftshauses in Wien** (11) bricht konsequent mit dem Ornament. Und so verwundert es wenig, dass dieses Geschäftshaus ein Eisenbetonbau ist.

11 | Die Fassade des von Adolf Loos 1911 entworfenen Geschäftshauses in Wien bricht konsequent mit dem Ornament.

12 | Das Dach der Markthalle Breslau von 1908, entworfen von Richard Plüddemann und Heinrich Küster, wird von einer parabolischen Stahlbetonkonstruktion getragen.



13 | Le Corbusiers Dom-Ino-System, eine auf die stereometrischen Grundformen zurückgeführte Version des Hennebique-Systems mit glatten, auskragenden Geschossplatten und Stützen ohne Kapitell, erlaubte erstmals eine von der Konstruktionsgeometrie unabhängige Führung von Innenwänden und implizierte die Befreiung der Fassade von der Geometrie des Tragwerks.

Was Perret noch nicht gelang, schaffte schließlich kein anderer als Le Corbusier, der in den Jahren 1908 und 1909 im Büro des Stahlbeton-Pioniers Perret tätig war. Sein **Dom-Ino-System** (13), 1914 entwickelt, ist eine auf die stereometrischen Grundformen zurückgeführte Version des Hennebique-Systems mit glatten, auskragenden Geschossplatten und Stützen ohne Kapitell. Es erlaubte erstmals eine von der Konstruktionsgeometrie unabhängige Führung von Innenwänden und implizierte die Befreiung der Fassade von der Geometrie des Tragwerks: Die „Einheit von außen und innen“ war damit in greifbare Nähe gerückt. Schrittweise entwickelte Le Corbusier aus der Kombination des Konstruktionssystems Dom-Ino mit den ästhetischen Prinzipien des Purismus eine neue Architektursprache, die erstmals 1922 im Atelierhaus Ozenfant zum Ausdruck kam. Diese neuen Prinzipien wurden in der Zeitschrift L’Esprit Nouveau vorgestellt, die Le Corbusier 1919 mit dem Dichter Paul Dermée gründete. Während Le Corbusiers folgende Arbeiten, besonders die **Villa Savoye** (1929–1931) (14), noch Spuren eines Klassizismus aufweisen,

14 | Die Villa Savoye

16 | Le Havre mit der leuchtturmartigen Gedächtniskirche St. Joseph

ist sein Spätwerk das Ergebnis einer Weiterentwicklung des Funktionalismus hin zu Bauwerken wie der **Kapelle von Ronchamp** (1950 – 1955) (15), und dem Kloster Sainte-Marie de La Tourette (1960). Hier dient Beton zur Gestaltung expressiver Formen von großer Erhabenheit und Ausstrahlung, deren Einfluss auf die Architektur bis ins 21. Jahrhundert anhält.

15 | Kapelle von Ronchamp

Nach dem Kriegsende 1945 war Perret bis 1954 hauptverantwortlicher Stadtplaner für den Wiederaufbau von Le Havre mit der leuchtturmartigen **Gedächtniskirche St. Joseph** (16). Mit einem Team von 60 Architekten entwarf er breite Boulevards und lange Straßenachsen, die von Häusern in getöntem Beton mit klarer, einfacher Ornamentik und Kolonnaden gesäumt werden. Das Baumaterial gewann man aus Sand und dem Ziegelschutt, der nach Farben getrennt vermahlen wurde.

Es war kein anderer als Oscar Niemeyer, der Perrets Le Havre 1982 mit dem organisch geformten Rundbau des **Maison de la Culture** (17) aus Beton noch einmal mit einem Bauwerk bereicherte, das, die heutigen Möglichkeiten des Betons ausnutzend, eine grandios plastische Formensprache entwickelt, die durch raumgreifende, organische Konturen und Volumina besticht.

17 | Die Maison de la Culture

In seinem letzten veröffentlichten Buch „Wir müssen die Welt verändern“ schrieb der 105-jährige Oskar Niemeyer: „Le Corbusier gab der Architektur dadurch eine neue Wirkung, dass er Säulen, unabhängige Strukturen, Glaspaneele, hängende Terrassen und freien Grundriss einführte. Er zielte auf robuste Strukturen, während wir die Leichtigkeit suchten; gemeinsam war uns jedoch die Suche nach der plastischen Gestaltung. Gemeinsam war uns aber noch etwas anderes: Wir probierten aus, was man mit Stahlbeton machen kann. Für meine Generation eröffnete der Stahlbeton Möglichkeiten, die vorher nicht existiert hatten …“

Niemeyer benennt damit die großen Potenziale des Bauens mit Beton: die Schaffung freier Grundrisse und robuster Strukturen (der Skelettbau), das „Bauen mit Leichtigkeit“ (tragende plastisch-skulpturale Formen sowie Schalen) – das Probieren und Experimentieren, die Auslotung der Möglichkeiten, die der Baustoff Beton im 20. Jahrhundert bietet. Die großen Ideen!

Auf dem Weg zu den großen Ideen

Aller Anfang ist schwer. Und so war auch der Weg zu den großen Ideen, mit dem neuen Baustoff Beton zu bauen, anfangs mitunter etwas holprig.

Einer der wesentlichen Gründe dafür war, dass zu Beginn des 20. Jahrhunderts für den Baustoff Beton noch keine Normen vorlagen. So ließen sich die Lieferanten von Betonbausystemen – wie z. B. der bereits genannte François Hennebique, zwar Patente auf ihre Erfindungen ausstellen, die sie dann an andere Hersteller in verschiedenen Ländern weiterverkauften, achteten dabei aber weniger auf die uns heute so selbstverständlichen Qualitäten des Baustoffs als vielmehr auf die handwerklichen Herstellungsverfahren. Dies führte beispielsweise dazu, dass sich einige nach dem System Hennebique errichteten Gebäude als nicht standfest erwiesen. So stürzte im August 1901 der Rohbau eines Hotels in Basel schon bald nach seiner Errichtung ein – was dazu führte, dass das System Hennebique in Deutschland keine Zulassung erhielt.

In Deutschland war man sich bereits sehr früh bewusst, dass die Qualität des neuen Baustoffs Beton entscheidend für seinen Erfolg sein würde. So wurde hier bereits 1877 der Vorläufer des heutigen Vereins Deutscher Zementwerke e. V. (VDZ), der Verein Deutscher Portlandzementfabrikanten, auch aus dem Bedürfnis heraus gegründet, die Haltbarkeit von mit Beton gebauten Bauwerken dadurch zu gewährleisten, dass man die Qualitätsmerkmale und -anforderungen des Baustoffs dokumentierte, also zur Norm machte.

Die 1902 von dem Bauingenieur, Forscher und Hochschullehrer Emil Mörsch, Vorstandsmitglied des deutschen Bauunternehmens Wayss & Freitag AG, herausgegebene Schrift „Der Eisenbetonbau, seine Anwendung und Theorie“ gilt heute als eine der Pionierleistungen auf dem Gebiet der theoretischen Auseinandersetzung mit Stahlbeton. Seine Theorien zur

19 | Unity Temple in Oak Park, Illinois

Bemessung übten einen nachhaltigen Einfluss auf die Standardisierung und Normung aus. Auf der Grundlage umfangreicher Versuchsreihen entwickelte er Nomogramme, mit denen Stahlbetonbalken dimensioniert und ihre Bewehrung bemessen werden kann. Die erste Zementnorm erschien bereits 1878 und wurde 1932 in eine DIN-Norm überführt. Erste „Vorläufige Leitsätze für die Verarbeitung, Ausführung und Prüfung von Eisenbetonbauten“ erschienen 1904. 1940 bzw. 1943 erfolgte die Überführung der Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) in eine DIN-Normenreihe zum Stahlbetonbau.

Es war auch Emil Mörsch, der in seiner Schrift von 1902 als Erster auf den „monolithischen“ Charakter der Eisenbetonbauten hinwies. Eben dieses Monolithische wurde später für keinen anderen als Le Corbusier, der Mörschs Buch 1910 in französischer Übersetzung gelesen hatte, zum zentralen Schlüssel für die neue Baukunst, die sich so wesentlich von der additiven Bauweise des 19. Jahrhunderts unterschied. Mit der Ausbildung der neuen Tragkonstruktionen aus Eisenbeton wurde das Verhältnis von Stütze und Last grundlegend verändert: weg vom „Tragen und Lasten“ hin zum „Tragen und Trennen“.

Dass man in Deutschland zu Anfang des 20. Jahrhunderts bereits sicher mit Beton bauen konnte, zeigt die nach den Plänen des Architekten Max Littmann in den Jahren 1905 bis 1907 in München im Jugendstil gebaute **„Königliche Anatomie“** (18). Die Süddeutsche Bauzeitung schrieb 1908: „Die Anwendung des Materials, Eisenbeton, ist in solchem Umfange bei uns in der Außenarchitektur noch nicht gewagt worden. Man kann sagen, das ganze Hauptgebäude ist eigentlich aus einem Stück Beton.“ Das Gebäude gilt als der erste bedeutende, vollständig aus Eisenbeton errichtete Hochbau in Deutschland – und steht noch heute.

Zur Zeit des Baus der Königlichen Anatomie beschäftigte sich der Bauunternehmer Jürgen Hinrich Magens intensiv mit Verfahren, fertig gemischten Beton über längere Zeit aufzubewahren. Dazu kühlte er den Beton sofort nach dem Mischen stark ab. Sein Verfahren ließ er sich 1903 patentieren und nannte sein Produkt „Transportbeton“. Sein Patent war die Basis für das erste Transportbetonwerk der Welt, das Magens 1903 in Hamburg gründete.

Zur gleichen Zeit probierte in den USA der später berühmte Architekt Frank Lloyd Wright aus, was man mit Stahlbeton machen kann: Sein erstes Gebäude aus Beton, eine Kirche, war der **Unity Temple in Oak Park** (19), Illinois. Nachdem der Vorgängerbau 1905 bis auf die Grundmauern niedergebrannt war, erhielt Wright den Auftrag für einen Neubau. Der Entwurf, den er der Gemeinde vorlegte, brach mit fast allen bestehenden Konventionen für traditionelle westliche Kirchenarchitektur. Über die neuartige Wahl des Baumaterials schrieb Wright: „Es gab nur ein einziges Material zu wählen, denn die Kirchengelder betrugen 45.000 Dollar. Beton war billig.“ Wrights Konzept sah den Einsatz von verschiedenen Betonformen vor, die mehrfach eingesetzt werden konnten. Entstanden ist ein monolithischer Kubus aus Beton, der unter einem ausladenden Flachdach liegt. Wright führt die Besucher durch niedrige, dunkle Passagen, die er als „Kreuzgänge“ bezeichnet, bevor sie in einen offenen, hell erleuchteten Altarraum gelangen. Im September 1909 wurde das neue Gebäude eingeweiht. Da sein einzigartiges Design wenig Ähnlichkeit mit den anderen Kirchen in der Umgegend aufwies, entschied man sich, das Gebäude Unity Temple zu nennen. Auch dieses steht noch heute.

Die im Jugendstil gebaute „Königliche Anatomie“ in München zeigt: Eine ganz so große Idee bezüglich des Bauens mit Beton war das noch nicht. Man wagte sich hier eher zaghaft und konventionell an den neuen Baustoff Beton heran. Anders aber geht bereits Frank Lloyd Wright mit dem Material um: Er verkleidet den Beton nicht, sondern macht ihn wahrnehmbar und rückt – wie Perret und Le Corbusier – die Konstruktion in den Vordergrund.

Erste plastische Formen

Einer der Ersten, der wirklich probierte und experimentierte, was man mit dem neuen Baumaterial Beton machen kann, war Erich Mendelsohn. Aber auch seine Suche nach den Potenzialen für eine plastisch-skulpturale Gestaltung mit Beton stellte sich anfangs nicht ganz einfach dar. Mit seinem **Einsteinturm** (20) in Potsdam (1919–1922) plante Erich Mendelsohn, erstmals die skulpturalen Potentiale des Materials einzusetzen. Mendelsohn war der Überzeugung, dass es der Baustoff Beton der Architektur ermögliche, sozusagen „in Fluss zu kommen". Es gelang ihm aber lediglich, das Untergeschoss des Turmes in skulpturaler Betonbauweise zu realisieren, der Rest des Baus wurde mit Ziegeln errichtet und anschließend mit einer Betonhaut überzogen. Die gekrümmten Schalungen für das Untergeschoss, hergestellt aus gebogenen Holzbrettern, wurden damals nicht – wie üblich – von Zimmerleuten, sondern von Schiffsbauern erstellt, die sich auf dieses spezielle Handwerk verstanden. Ob dieses enormen Aufwands soll Mendelsohn nach Fertigstellung des Einsteinturms „Nie wieder!" gesagt haben.

Was hatte Mendelsohn „falsch" gemacht? Er hatte schiefe Flächen entworfen, die damals nur schwer und höchst aufwändig einzuschalen waren. Diese erste skulpturale Betonbauweise litt also, wie der Architekturhistoriker Julius Poesener schreibt, „lediglich an einer Kinderkrankheit. Der Einsteinturm sollte beweisen, dass sehr freie Gestaltungen in Beton – und durch den Betonbau – möglich sind. Sie sind möglich. Sie waren nur damals noch schwer herstellbar."

Was Mendelsohn nicht gelang, schaffte kurz darauf der Begründer der Anthroposophie Rudolf Steiner im schweizerischen Dornach: Sein **Goetheanum** (20), errichtet in den Jahren 1924–1928, zeichnet sich durch eine skulptural modellierte – allerdings nicht durchgängig selbsttragende – Betonhaut mit vielen gekrümmten Flächen aus. Anders als Mendelsohn scheute Steiner den hohen Schalungsaufwand nicht, bei dem – auch hier von erfahrenen Schiffsbauern – dünne Holzleisten im nassen Zustand gebogen und anschließend über Spanten genagelt wurden.

Wie sich Konstruktionen als freie organische Skulpturen – beispielsweise parabolische Hyperboloide – weit einfacher in Betonbauweise realisieren lassen, zeigt Jahre später der amerikanische Architekt Eero Saarinen, der die gekrümmten Flächen des **TWA Flight Center** (22) des Flughafens John F. Kennedy in New York als parabolische Hyperboloide entworfen hatte. Sie konnten – mit weit weniger Aufwand – mit geraden Brettern geschalt werden. Das Gebäude, 1962 fertiggestellt, gilt heute als Architekturikone. Es bedurfte also, wie Julius Poesener schreibt, „lediglich einer Mathematisierung, um Flächen, Körper und Raumkörper herzustellen, welche frei wirken und trotzdem leicht zu bauen sind." Über dieses Wissen verfügte Mendelsohn noch nicht.

21 | Goetheanum in Dornach

20 | Mit seinem Einsteinturm in Potsdam (1919–1922) plante der deutsche Architekt Erich Mendelsohn erstmals die plastischen Möglichkeiten des Betons einzusetzen. Mendelsohn, war der Überzeugung, dass es der Baustoff Beton der Architektur ermögliche, „in Fluss zu kommen".

22 | TWA Flight Center des Flughafens John F. Kennedy in New York

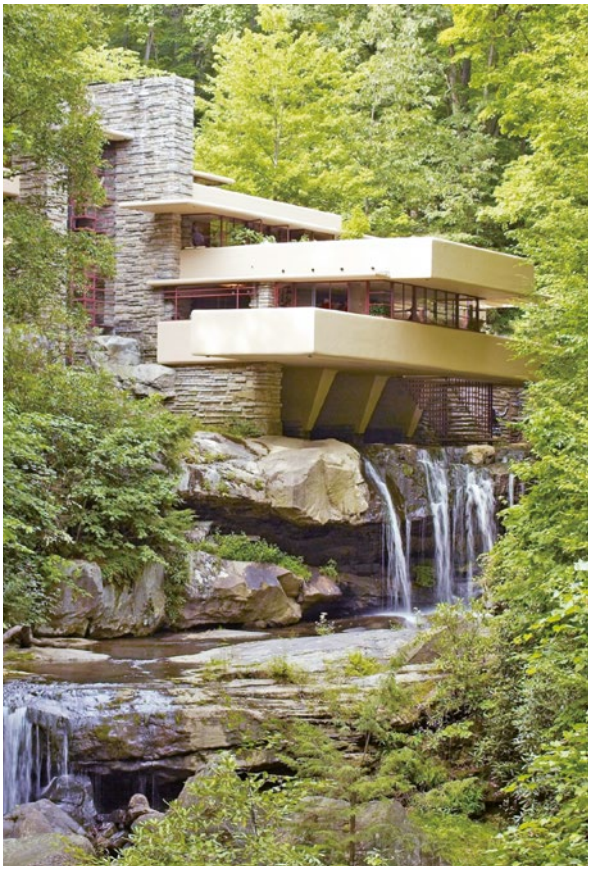
Die ersten großen Ideen

Fast alle großen Architekten dieser Welt setzten – so wie die meisten Träger des Pritzker-Preises, der seit 1979 jährlich vergebenen höchsten Auszeichnung für Architektur – mit zunehmender Weiterentwicklung und Optimierung der Betone auf diesen Baustoff, um Neues und noch nie Dagewesenes zu schaffen.

Wir konzentrieren uns im Folgenden auf die – in ungefährer chronologischer Folge – wichtigsten Werke.

Es war kein anderer als der bereits erwähnte Frank Lloyd Wright, der die vielleicht erste wirklich große Architekturikone der Moderne aus Beton schuf: das **Wohnhaus „Fallingwater“** (23) von 1936. An einem Hang in der wilden Natur oberhalb eines kleinen Flusses gelegen, stapelte Wright eine Anzahl freitragender Balkone aus Stahlbeton als Antwort auf die natürlichen Muster und Strukturen der umgebenden Felsformationen. Neben Mies van der Rohes Villa Tugendhat, Le Corbusiers Villa Savoye und Hans Scharouns Haus Schminke gehört Fallingwater zu den wohl bedeutendsten privaten Wohnhäusern der Moderne.

Neben dem 1939 von Wright fertiggestellten Hauptsitz der Firma S. C. Johnson & Son, Inc. in Racine, Wisconsin, einem Bürogebäude mit im Inneren platzierten expressiven, pilzförmigen Betonstützen, die den großen Arbeitsraum und das Dach tragen, machte sich Wright nicht zuletzt mit dem 1959 eröffneten **Solomon R. Guggenheim Museum** (24) in New York unsterblich. Die berühmte Rotunde des Museums besteht gänzlich aus Beton und erhebt sich in Form einer gewundenen Rampe über sechs Ebenen.



23 | Der amerikanische Architekt Frank Lloyd Wright schuf die vielleicht erste wirklich große Architekturikone der Moderne aus Beton: das Wohnhaus „Fallingwater“ von 1936. An einem Hang in der wilden Natur oberhalb eines kleinen Flusses gelegen, stapelte Wright eine Anzahl freitragender Balkone aus Stahlbeton als Antwort auf die natürlichen Muster und Strukturen der umgebenden Felsformationen.

24 | Solomon R. Guggenheim Museum in New York

béton brut

Der weltweite Siegeszug des Betons und Transportbetons begann nach dem zweiten Weltkrieg mit zunehmender Fortentwicklung der Transportfahrzeuge zu modernen Fahrmischern. Zunächst in den USA und ab 1954 in Europa entstanden tausende von Transportbetonwerken, die rund 50 % der gesamten Zementproduktion abnahmen. Parallel dazu fand ab 1950 der sogenannte Brutalismus als Baustil der Moderne zunehmende Verbreitung.

25 | Mit der Unité d'Habitation in Marseille, fertiggestellt 1952, entwickelte Le Corbusier einen modernen Wohnhaustyp, um möglichst vielen Menschen erhöhten Wohnkomfort zu ermöglichen. Das Dach mit dem markanten Schornstein des 18-geschossigen Skelettbaus aus Stahlbeton hatte Le Corbusier als Gemeinschaftsfläche für die Bewohner eingerichtet: mit Turnhalle, Laufstrecke, Kinderplanschbecken – und einem atemberaubenden Ausblick auf die Stadt.

28 | Auch der Schweizer Architekt Walter Maria Förderer spielte wie selbstverständlich mit der plastischen Form, mit der Schwere der Masse, mit der Idee des ewig beständigen Materials, wie hier bei der Kirche St. Nicolas im schweizerischen Bergdorf Hérémence von 1971.

26 | Wohnsiedlung Halen

27 | Gerade der Kirchenbau regte Architekten wie den kürzlich im Alter von 101 Jahren verstorbenen Pritzker-Preisträger Gottfried Böhm an, besonders virtuos und bildhauerisch mit dem Baustoff Beton umzugehen, so wie beim Wallfahrtsdom in Neviges von 1968.

Der Begriff hat verschiedene Ursprünge und bündelt verschiedene Architekturkonzeptionen, so etwa im französischen Begriff béton brut (roher Beton, Sichtbeton), mit dem Le Corbusier seinen sichtbar belassenen Beton an der **Unité d'Habitation** (25) in Marseille beschrieb. Der von Reyner Banham geprägte Begriff New Brutalism (Neuer Brutalismus) stand ursprünglich für eine Architektur, die den idealisierten Anspruch besaß, authentisch bei Material und Konstruktion zu sein und die ethisch-sozialen Aspekte der Architektur mit zu berücksichtigen.

Mit der Unité d'Habitation (französisch für Wohneinheit), umgangssprachlich auch Wohnmaschine genannt, entwickelte Le Corbusier einen modernen Wohnhaustyp, dessen erste Ideen er bereits 1925 als ideale Lösung für eine standardisierte Serienproduktion vorgestellt hatte, um möglichst vielen Menschen einen erhöhten Wohnkomfort zu ermöglichen. Seine erste Unité d'Habitation wurde 1952 in Marseille fertiggestellt. Der 18-geschossige Skelettbau aus Stahlbeton ist auf Stützen gestellt, die das Gebäude tragen und die anstelle des Erdgeschosses ein Freigeschoss bieten. Auf dem Dach der Unité d'Habitation in Marseille befindet sich ein damals für alle Bewohner des Hauses frei zugängliches Schwimmbad.

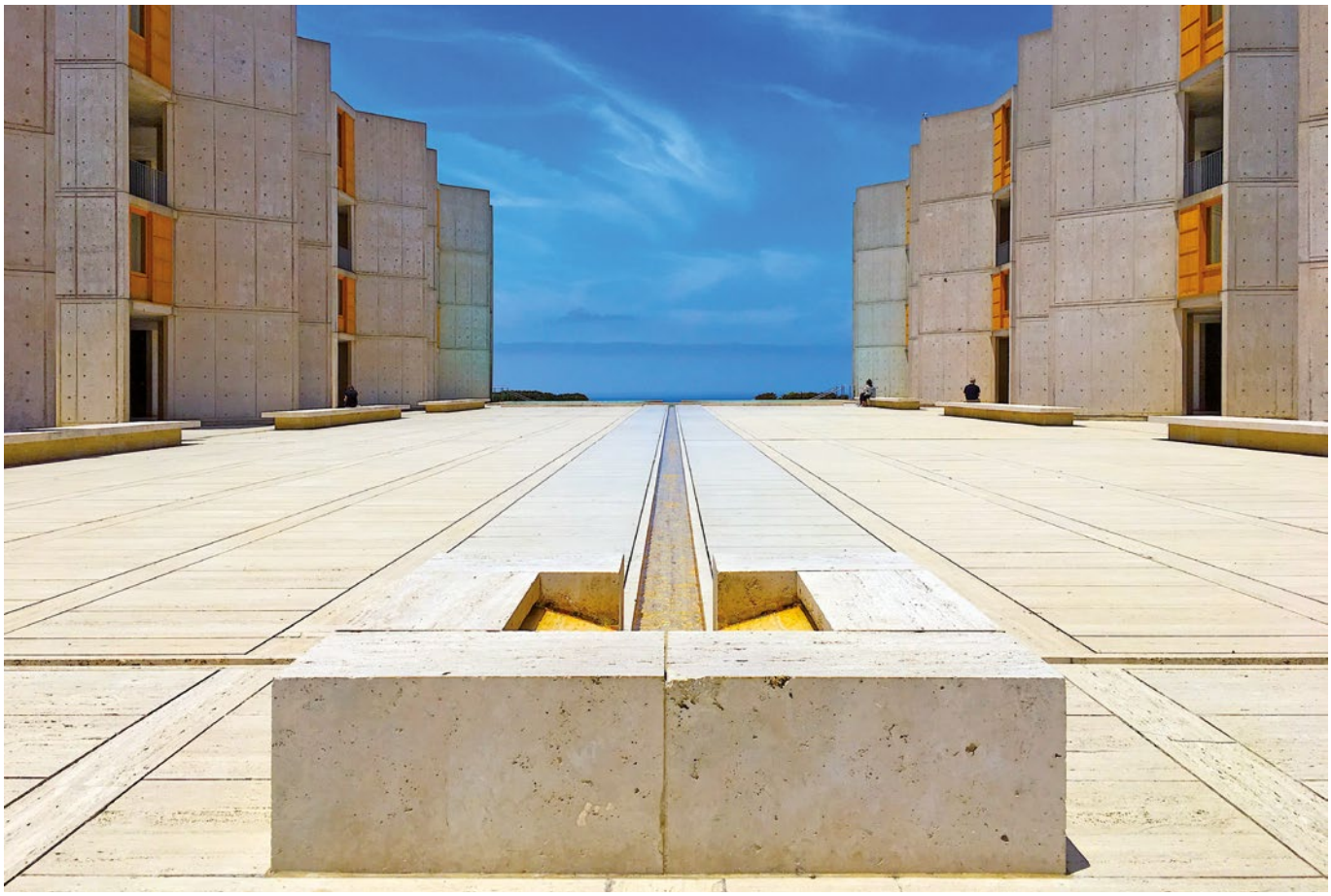
Bis 1967 entwickelte Le Corbusier vier weitere Wohnmaschinen, so auch im Rahmen der Internationalen Bauausstellung (IBA) Berlin 1957. An dieser IBA, die sich auf die Neugestaltung des im Zweiten Weltkrieg zerstörten Hansaviertels im Stil der Nachkriegsmoderne konzentrierte, beteiligten sich 53 Architekten aus 13 Ländern, u. a. Alvar Aalto, Egon Eiermann, Walter Gropius, Arne Jacobsen und Oscar Niemeyer.

Angeregt von der Architektur Le Corbusiers, entwickelte das 1955 in Bern gegründete Architekturbüro Atelier 5 alternative Formen des Wohnungsbaus, so die 1962 fertiggestellte **Wohnsiedlung Halen** (26) nahe Bern, ein modernes Reihenhaus-Bauwerk mit 78 Wohneinheiten, Ateliers und Gemeinschaftsräumen. Das geschlossene Wohnquartier, gänzlich in Sichtbeton realisiert, war für die Architekturentwicklung und den Siedlungsbau der Nachkriegszeit weit über die Schweiz hinaus bahnbrechend.

Im Kirchenbau sind insbesondere der Japaner Kenzo Tange, der Schweizer Architekt Walter Maria Förderer und nicht zuletzt der 2021 im Alter von 101 Jahren verstorbene Pritzger-Preisträger Gottfried Böhm zu nennen, die besonders virtuos und fast bildhauerisch mit dem Baustoff Beton umzugehen wussten. Sie alle spielten wie selbstverständlich mit der plastischen Form, mit der Schwere der Masse, mit der Idee des ewig beständigen Materials – denken wir an **Böhms Mariendom** (27) in Neviges oder an Förderers **St. Nicolas** (28) im Bergdorf Hérémence in der Schweiz.

Viele der Ikonen des béton brut stehen – selbstverständlich – heute noch, manche sind in die Jahre gekommen. Wie bau- und kulturhistorisch wertvoll diese Gebäude sind, zeigt die im Oktober 2015 vom Deutschen Architekturmuseum (DAM) in Frankfurt a. M. und der Wüstenrot Stiftung gestartete Initiative „SOS Brutalismus". Ziel des Projektes ist eine internationale Bestandsaufnahme zum Brutalismus in der Architektur, das Denkmalbewusstsein für brutalistische Bauten zu aktivieren und die Forschung zum Brutalismus fortzuführen. Die entsprechende Website www.sosbrutalism.org bietet u. a. Fotos, Zustandsberichte und eine interaktive Übersichtskarte mit allen bis heute weltweit erfassten Gebäuden: 2.140 mal Beton pur.

Die gan
großen



30 | Für den Entwickler des Polio-Impfstoffs Jonas Salk plante der amerikanische Architekt Louis I. Kahn 1965 die Campus-Anlage des Salk Institute nahe San Diego. Die ganz in Sichtbeton konzipierte Anlage zieht noch heute die besten Forscher der Welt an.

Z Ideen

29 | Oscar Niemeyer entwarf zwischen 1957 und 1964 für die brasilianische Hauptstadt Brasilia alle öffentlichen Gebäude, so auch das 1960 fertiggestellte für den brasilianischen Nationalkongress. Der Plenarsaal des Senats findet sich unter der konkaven Betonkuppel, der des Abgeordnetenhauses rechts unter der konvexen Schale aus Beton.

Es waren insbesondere Le Corbusier und Oscar Niemeyer, die mit ihren Gebäuden in Sichtbetonbauweise ganze Städte prägten. So Le Corbusier, der die indische Stadt Chandigarh in fast gänzlicher Betonbauweise plante und dessen in den 1950er Jahren geschaffenes Parlamentsgebäude von Chandigarh heute in die Liste des UNESCO-Welterbes aufgenommen ist. Und natürlich Oscar Niemeyer, der für die brasilianische Hauptstadt Brasilia zwischen 1957 und 1964 alle öffentlichen Gebäude für die auf dem Reißbrett geplante Stadt entwarf. Eines formvollendeter und schöner als das andere – wie beispielsweise das des brasilianischen **Nationalkongresses** (29).

Auch für das größte Parlamentsgebäude der Welt, das Jatiya Sangsad Bhaban, realisiert von dem amerikanischen Architekten Louis I. Kahn in den Jahren 1963–1983 für die Regierung Bangladeschs in Dhaka, ist ein Betonbau. Kahn platziert das archaisch wirkende Gebäude aus grau-braunem Beton an einem künstlich angelegten See. Bereits zuvor hatte Kahn mit der Campus-Anlage des **Salk Institute** (30) in Kalifornien und der Bibliothek der Philip Exeter Academie in New Hampshire bewiesen, welch beeindruckende Bauwerke sich in Sichtbetonweise realisieren lassen. Kahns Grundidee bestand stets darin, Orte zu schaffen, an denen Menschen sich wohl fühlen. Sie sind Orte der Versammlung, laden ein zu Kommunikation und Gemeinschaft.

Die sogenannte „Architekturikone“ ist ein Begriff der Architekturkritik. Sie bezeichnet Bauwerke, die bis heute wegweisend sind – beziehungsweise einstmals waren – oder die aufgrund ihrer Gestaltung oder Bauweise Einzigartigkeit beanspruchen. Die ganz großen Ideen also. Viele der 37 auf der deutschen Wikipedia-Seite unter dem Stichwort Architekturikone gelisteten Gebäude haben wir bereits angesprochen. Es sind übrigens nur ca. vier auf dieser Liste verzeichnete Gebäude, bei denen der Baustoff Beton keine weiter wesentliche Rolle spielt.

Internationale Bauausstellungen

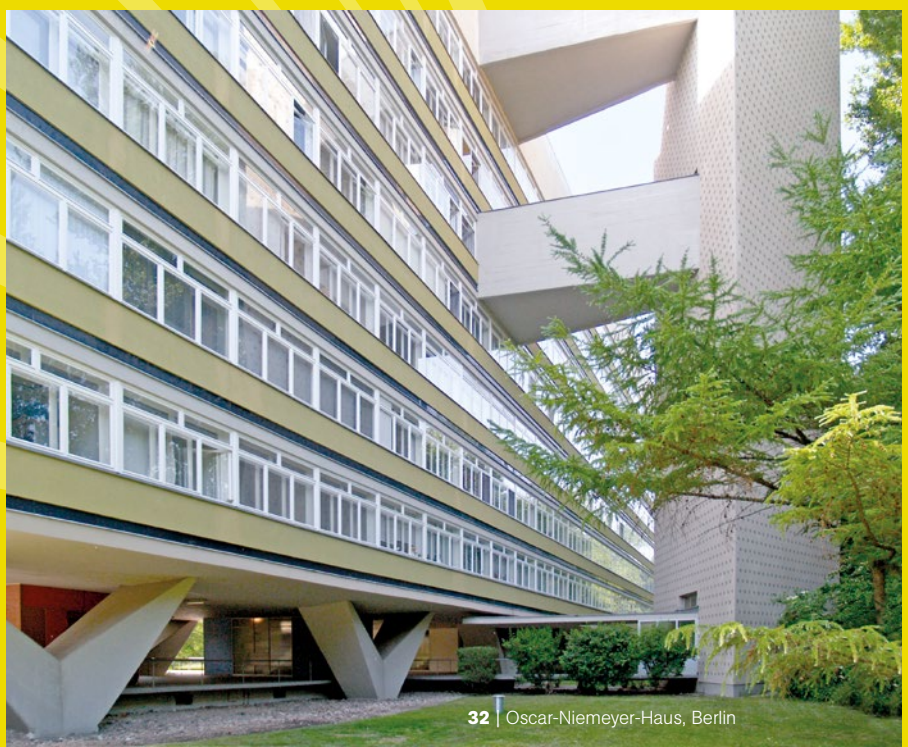
Es gibt wohl kaum ein anderes Land, das mehr Orte mit weg- und zukunftsweisender Architektur aufzuweisen vermag als Deutschland: So gilt die Mathildenhöhe in Darmstadt, Ort der ersten Internationalen Bauausstellung (IBA) von 1901, als Meilenstein des deutschen Jugendstils, weist aber auch schon auf die in späteren Jahrzehnten erfolgten Bauweisen mit Beton hin: Das Ernst Ludwig-Haus, heute das „Museum Künstlerkolonie Darmstadt“, gebaut nach einem Entwurf von Joseph Maria Olbrich, ist umgeben von einer zierlichen Pergola aus Beton. In dem von Olbrich gestalteten Areal liegt auch das damals von Peter Behrens errichtete Wohnhaus, das ihn als Architekten bekannt machte. Behrens, seit 1907 künstlerischer Berater der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft AEG, wurde später durch seine Wohn- und Fabrikbauten zum Pionier der Industriekultur des 20. Jahrhunderts. In seinem Berliner Atelier um 1908 waren Adolf Meyer, Ludwig Mies van der Rohe und Walter Gropius als junge Mitarbeiter tätig. Walter Gropius errichtete ab 1911 mit Adolf Meyer den Neubau der Faguswerke in Alfeld: Die karge Betonkonstruktion mit ihrer spektakulären Vorhangfassade aus Glas war für ihn später auch Basis für die Gestaltung des Werkstattgebäudes des Bauhauses in Dessau.

Wenige Jahre später, 1927, entstand in Stuttgart als Bauausstellung des Deutschen Werkbunds die **Weißenhofsiedlung** (31). Unter künstlerischer Leitung von Mies van der Rohe wurden 21 Musterhäuser für neue Formen des Wohnens gebaut, entworfen von 17 damals renommierten Architekten wie Peter Behrens, Le Corbusier, Walter Gropius, Hans Scharoun, Bruno Taut und Ludwig Mies van der Rohe selbst. Die klare und minimalistische Architektur der Gebäude aus Glas, Stahl und Beton sorgte damals für internationales Aufsehen.

Im Rahmen der IBA Berlin 1957, die sich auf die Neugestaltung des im Zweiten Weltkrieg zerstörten Hansaviertels im Stil der Nachkriegsmoderne konzentrierte, beteiligten sich 53 Architekten aus 13 Ländern, u. a. Alvar Aalto, Le Corbusier, Egon Eiermann, Walter Gropius, Arne Jacobsen und Oscar Niemeyer. Nicht nur das **Oscar-Niemeyer-Haus** (32), ein Wohnhochhaus mit acht Stockwerken und 78 Wohnungen, angelehnt an die Idee der von Le Corbusier entwickelten Unité d’Habitation, sondern auch das 9-geschossige Scheibenhochhaus von Egon Eiermann wurden in Beton realisiert.

Diese und weitere Internationale Bauausstellungen der folgenden Jahre zeigten, wie mit neuen Ideen und Architekturen nachhaltig wirkende Impulse für den städtebaulichen Wandel gesetzt werden konnten.

31 | Die Weißenhofsiedlung in Stuttgart



32 | Oscar-Niemeyer-Haus, Berlin

Das Tor zum 21. Jahrhundert: die Gebäude des Vitra Campus

Der Ort, der den Wandel der Architektur hin zum 21. Jahrhundert wohl weltweit einzigartig zeigt, ist der Vitra Campus nahe der südbadischen Kleinstadt Weil am Rhein im äußersten Südwesten Deutschlands. Hier hatte seit den 1980er Jahren das Unternehmen Vitra weltweit renommierte Architekten gebeten, nach und nach verschiedene Unternehmensgebäude zu errichten. So war das 1989 von dem amerikanischen Architekten Frank Gehry errichtete Vitra Design Museum sein erstes in Europa realisiertes Projekt. Waren seine früheren Bauten noch der Sprache der Postmoderne verbunden, so beschränkte sich Gehry hier auf eine Kubatur aus einfachen geometrischen Grundformen und schuf damit eine dynamische Skulptur, deren einzelne Baukörper in Bewegung zu geraten scheinen.

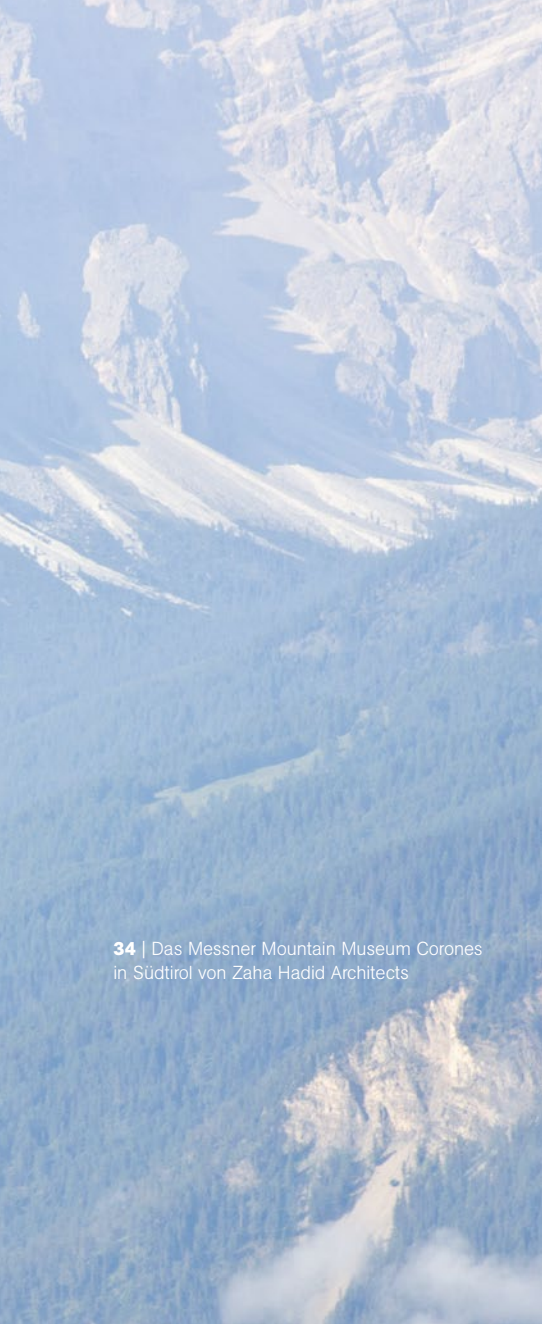
Wenige Jahre später, 1993, wurde auf dem Vitra-Gelände ein neues Feuerwehrhaus errichtet. Beauftragt wurde die irakisch-britische Architektin Zaha Hadid, die in Beirut Mathematik und in London Architektur studiert hatte. 1980 hatte sie ihr erstes Büro in London eröffnet und in den folgenden Jahren mit zahlreichen Entwürfen internationales Aufsehen erlangt. Ihre äußerst ausgefallenen Ideen allerdings galten als „unbaubar“. Das **Feuerwehrhaus** (33) war ihr erstes in Gänze realisiertes Gebäude überhaupt: Eine Skulptur aus hellem Sichtbeton. Sie selbst beschrieb ihren Entwurf als „erstarrte Bewegung“: „Der ganze Bau drückt die Anspannung unter Alarmbereitschaft aus und die schlummernde Kraft, die jeden Moment explosionsartig aktiv werden kann.“

Heute gelten Frank Gehrys Vitra Design Museum und Zaha Hadids Feuerwehrhaus als Schlüsselwerke für den Architekturstil des die ersten Jahre des 21. Jahrhunderts prägenden Dekonstruktivismus. Gehrys 1997 eröffnetes Guggenheim-Museum in Bilbao, ebenfalls im dekonstruktivistischen Stil errichtet, löste weltweit einen neuen Architekturboom aus, nachdem es der baskischen Stadt mit diesem Museumsbau gelungen war, von der Bedeutungslosigkeit zurück ins internationale Rampenlicht zu gelangen. Seither wird die gezielte Aufwertung von Orten durch spektakuläre Bauten als „Bilbao-Effekt“ bezeichnet.

33 | Das Feuerwehrhaus von Zaha Hadid auf dem Vitra Campus in Weil am Rhein

Das 21. Jahrhundert

Von diesem Boom profitierte nicht zuletzt auch Zaha Hadid: Ihr phaeno Gebäude in Wolfsburg, 2005 eröffnet und längst Wahrzeichen der Autostadt Wolfsburg, beeindruckt durch seine avantgardistische Formensprache und dadurch, dass hier die Grenzen des bis dahin bautechnisch Möglichen neu ausgelotet wurden: Das Ausgießen der mannigfaltigen Formen des Gebäudes war nur durch die Verwendung von selbstverdichtendem Beton möglich. Das phaeno ist Ausdruck von Kraft, Dynamik und Dramatik. Es spiegelt Hadids Vorliebe für fließende und durchgängige Räume wider, die von nun an ihr Werk wesentlich kennzeichnen werden. Beispielhaft genannt seien das von ihr und ihrem Partner Patrick Schumacher entworfene MAXXI Art-Museum in Rom von 2010 oder das **Messner Mountain Museum Corones** (34) in Südtirol von 2015.



34 | Das Messner Mountain Museum Corones in Südtirol von Zaha Hadid Architects

35 | Tadoa Andos 2019 fertiggestellter Museumsumbau Bourse de Commerce in Paris

Im selben Jahr, in dem Zaha Hadid mit ihrem Feuerwehrhaus aus Beton in Weil am Rhein ihren internationalen Durchbruch schaffte, 1993, gelang es auch dem japanischen Architekten Tadao Ando, der zuvor ausschließlich in Japan gebaut hatte, sein erstes Gebäude in Europa zu bauen: den aus makellosem Sichtbeton errichteten Konferenzpavillon auf dem Vitra-Gelände. Zentrum des Gebäudes ist ein abgesenkter Innenhof, der die Umgebung auszublenden scheint und dem Gebäude eine fast klösterliche Ruhe verleiht. Die ultimative Reduktion von Form und Material erfolgt hier – wie auch bei seinen früheren und späteren Werken – einerseits als Hommage an die großen Architekten und Beton-Virtuosen des 19. Jahrhunderts, Le Corbusier und Louis Kahn, sie zeigt aber auch Andos tiefe Verwurzelung mit der Tradition japanischer Baukunst. So sind die Schalungstafeln der von ihm geplanten Gebäude grundsätzlich nach der Größe von japanischen Tamati-Matten bemessen und bilden gemeinsam mit den Löchern der Schalungsanker stets ein unverwechselbares Oberflächenraster. Dass Tadao Ando bis heute diesem Stil treu geblieben ist, zeigen seine jüngsten Bauten, wie die 2020 fertiggestellte Weisenburger-Unternehmenszentrale in Karlsruhe oder das im Mai 2021 eingeweihte **Museum Bourse de Commerce** (35) in Paris.

Den Vitra Campus als Ort zukunftsweisender Architektur ergänzt schließlich das 2010 von Herzog & de Meuron geschaffene VitraHaus, dessen Grundstruktur aus 12 langgezogenen Giebelhäusern aus Beton besteht, die zu einem fünfstöckigen Bauwerk aufeinandergestapelt sind, und letztlich als Zitat der umliegenden Bauten zu verstehen ist. Herzog & de Meuron hatten zuletzt mit der Hamburger Elbphilharmonie ein Gebäude geschaffen, das auf der ganzen Welt Aufsehen erfuhr. Der Bau dieses neuen Hamburger Wahrzeichens, 2017 fertiggestellt, wäre ohne Beton nicht denkbar gewesen: Insgesamt wurden 63.000 Kubikmeter Beton – 12.000 für das Fundament und 51.000 für den Rohbau – verbaut. Dabei wurden an Bauteile für 41.000 Kubikmeter Sichtbetonanforderungen gestellt, zu denen auch die tragenden Wände der Treppenhäuser, Fahrstuhlschächte und Stützen gehören.

Spektakulär unspektakulär: Blaibach

Nicht die Mathildenhöhe, nicht Stuttgart, nicht Berlin und auch nicht Weil am Rhein: dass das Bauen mit Beton im 21. Jahrhundert auch an ganz unspektakulären Orten durchaus spektakulär und wegweisend sein kann, zeigt das kleine Dorf Blaibach in der bayerischen Oberpfalz. Hier gelang es dem Münchener Architekten Peter Haimerl gemeinsam mit dem Sänger Thomas E. Bauer und den Bürgern des vom Verfall bedrohten Ortes, in dem es nichts anderes als ein jährlich stattfindendes kleineres Kulturfestival gab, ein kleines Wunder aus Beton zu schaffen: 2012 revitalisierten sie zunächst die Mitte des Dorfes mit dem Bau eines neuen Bürgerhauses aus Dämmbeton. Parallel zeigten Haimerl und Bauer, dass man auch 450 Jahre alte und vom Verfall bedrohte Häuser mit Beton zukunftsfest machen kann: Beim Waldlerhaus wurde, ähnlich wie bei Peter Haimerls Projekt „Birg mich Cilli“ im nahe gelegenen Viechtach, das Dach abgetragen, das Gebäude mit einem neuen inneren Dämmbetonkern ausgestattet und so die historisch wertvolle Subtanz modern belebt. Der hier getestete Dämmbeton wurde dann auch für das 2014 eröffnete neue **Konzerthaus Blaibach** (36) eingesetzt: ein großer, schräg in die Erde eingelassener Quader, der im Inneren ganz in Sichtbeton gestaltet ist. Das Konzerthaus Blaibach sorgte weit über Deutschland hinaus für Anerkennung und wurde mit dem Architekturpreis Beton und dem BDA-Architekturpreis ausgezeichnet.

36 | Das Bürger- und Konzerthaus in Blaibch von Peter Haimerl

Dämmbetone, Infraleichtbetone und Carbonbeton

37 | Die Kantine des Erweiterungsbaus der Berliner Niederlassung des Büros Chipperfield Architects aus Dämmbeton

Die Idee Peter Haimerls, in Blaibach mit Dämmbeton nachhaltig zu bauen, geht auf den Schweizer Architekten Andrea Deplazes zurück, der 2001 beim Bau seines Wohnhauses Meuli im schweizerischen Fläsch als Erster dem eingesetzten Beton aus Gründen der Wärmedämmung Schaumglasgranulat beimischte. Damit läutete das Büro Bearth & Deplazes eine Renaissance des monolithischen Bauens mit Beton ein: 2003 baute der Schweizer Architekt Patrick Gartmann sein Wohnhaus in Chur mit einer optimierten Betonmischung, bei der die Gesteinskörnung Kies durch Blähton und Sand durch Blähglas ersetzt wurden. 2008 wurde das Nationalparkzentrum im schweizerischen Zerenz nach den Entwürfen von Valerio Oligati und Plänen von Patrick Gartmann mit Dämmbetonwänden fertiggestellt. 2013 beeindruckten David Chipperfield Architects Berlin mit ihrem **Erweiterungsbau** der Berliner Niederlassung (37) ihres Büros aus Dämmbeton nahe der Museumsinsel in Berlin.

Ein von Prof. Mike Schlaich ab 2006 an der Technischen Universität Berlin entwickelter Infraleichtbeton wurde 2007 erstmals beim Bau des Wohnhauses der ARGE Bonnen & Schlaich eingesetzt. 2019 entstand mit der Jugendfreizeiteinrichtung Betonoase in Berlin das erste öffentliche Gebäude aus Infraleichtbeton, bei dem Wände und Dach selbstdämmend sind. 2021 wurde das Berliner Wohnhaus der ARGE Bonnen & Schlaich um eine Garage aus Infraleichtbetonwänden mit einem Dach aus vorgespanntem Carbonbeton ergänzt. In Dresden entsteht derzeit das weltweit erste Gebäude aus Carbonbeton, der sogenannte Cube, nach einem Konzeptdesign des Architekturbüros Henn. Der Experimentalbau vereint Labor- und Veranstaltungsräume und setzt ein Zeichen für architektonische und bautechnische Innovation.

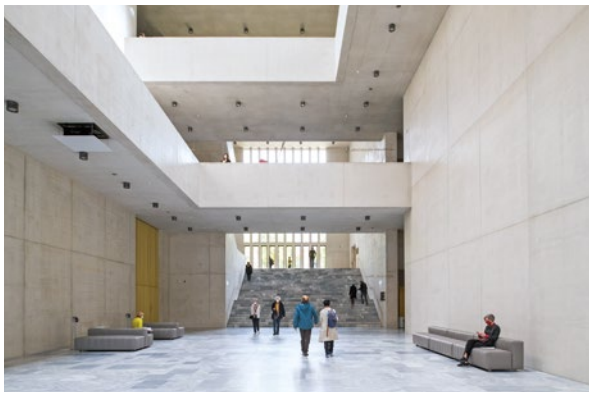
Die Beispiele zeigen: Mit dem Einsatz von Dämmbetonen, Infraleichtbetonen und Carbonbeton wird ein nächster Schritt beim nachhaltigen Bauen mit Beton getan. Gerade das Bauen mit Carbonbeton wird in Zukunft ob der Leichtigkeit und Tragfähigkeit des Materials ganz neue architektonische Formen und eine neue Architektursprache möglich machen.

Transformationen

Das 21. Jahrhundert wird das Zeialter der Nachhaltigkeit sein. Dies gilt auch und gerade für das Bauen – und natürlich auch für das Bauen mit Beton. Dabei spielen – neben dem Einsatz CO_2-optimierter Zemente und Betone – Kriterien der Langlebigkeit, der Ästhetik und Schönheit der Architektur eine entscheidende Rolle: Bauwerke müssen den Menschen gefallen, müssen breite Akzeptanz finden. Wie in die Jahre gekommene Bauwerke mit Beton ertüchtigt, zu neuer Schönheit und zu neuem Leben erweckt werden können, zeigen beispielhaft David Chipperfield Architects Berlin mit dem Wiederaufbau des **Neuen Museums in Berlin** (38). 1855 im Stil des Klassizismus und der Neorenaissance erbaut, im Zweiten Weltkrieg großteils zerstört und anschließend verfallen, wurde es 2009 wiederhergestellt der Öffentlichkeit übergeben: als Transformation in zeitgenössische Architektur, die den Altbau noch einmal in der Gegenwart etabliert. So wurde die imposante dreiläufige Treppenanlage der Eingangshalle mit einem eigens für das Neue Museum entwickelten Marmorbeton wieder aufgebaut – sie verleiht dem Raum eine fast sakrale Aura.

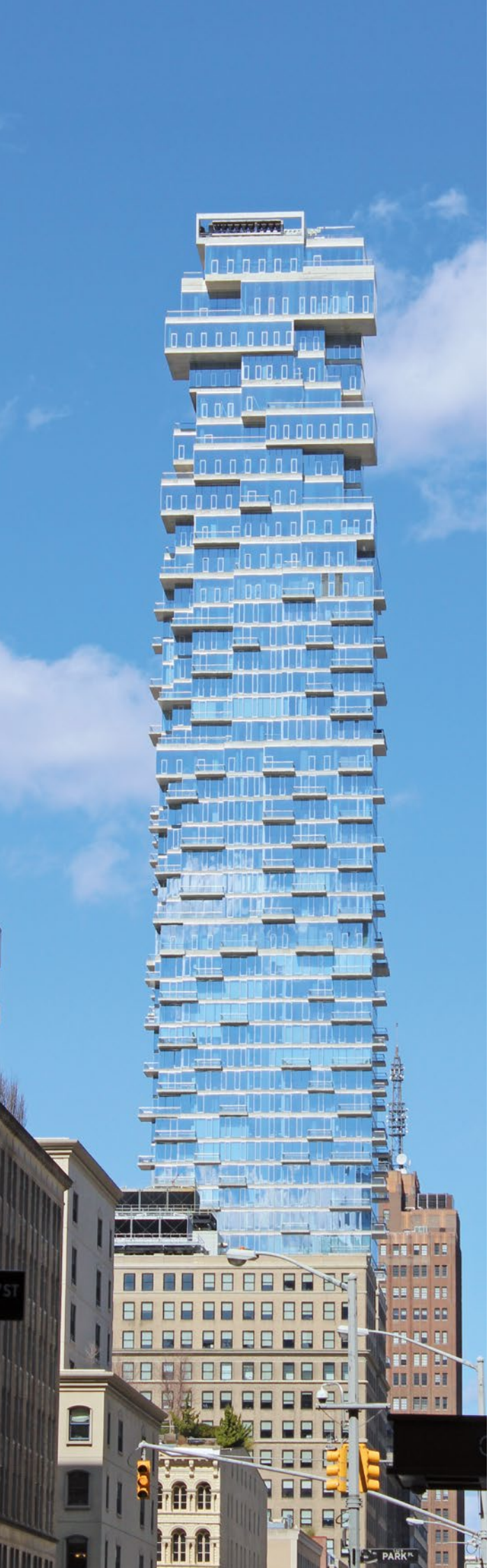
Diesen Bau ergänzend, wurde 2019 die **James-Simon-Galerie** (39) als Besucherzentrum der Berliner Museumsinsel eröffnet: außen mit einer ausladenden Freitreppe und offenen Säulenhalle aus Beton, innen mit glattgeschalten Ortbetonwänden und -decken in Sichtbetonqualität. Auch mit dem im Oktober 2021 eröffneten Erweiterungsbau des **Kunsthauses Zürich** (40) zeigen Chipperfield Architects neue Wege des nachhaltigen Bauens mit Beton auf: 95 Prozent des gesamten für das neue Museum verwendeten Betons waren Recyclingbeton.

39 | 2019 wurde die James-Simon-Galerie von David Chipperfield Architects als Besucherzentrum der Berliner Museumsinsel eröffnet: außen mit einer ausladenden Freitreppe und offenen Säulenhalle aus Beton, innen mit glattgeschalten Ortbetonwänden und -decken in Sichtbetonqualität.



40 | Der im Oktober 2021 eröffnete Erweiterungsbau des Kunsthauses Zürich

38 | Die dreiläufige Treppenanlage im Neuen Museum in Berlin wurde aus großformatigen Fertigteilen aus einem speziell entwickelten Beton aus Weißzement und sächsischem Marmor errichtet.



41 | Das 2017 fertiggestellten Hochhaus 57 Leonard Street von Herzog & de Meuron in Manhatten wirkt wie aufeinander gestapelte Bauklötze.

Hoch hinaus

Es war die Pariser Weltausstellung von 1900 – unter dem Eisenfachwerkturm von Gustave Eiffel – die dem Stahlbeton endgültig zum Durchbruch verhalf. François Hennebique stellte hier sein „System Hennebique“ vor, kurz darauf erbaute Auguste Perret in Paris das Wohnhaus in der Rue Franklin 25, das als erster Hochbau aus Eisenbeton gilt. Das Gebäude hat sieben Wohn- und zwei weitere unter dem Dach untergebrachte Etagen mit Dienstbotenquartieren.

Die letzte Weltausstellung fand 2022 in Dubai statt, wo sich heute das mit 828 Metern Höhe und 189 – davon 160 bewohnten – Stockwerken höchste Bauwerk der Welt befindet, der Burj Khalifa. Es wurde nach Plänen des Architekten Adrian Smith vom amerikanischen Architekturbüro Skidmore, Owings and Merrill gebaut und im Januar 2010 eingeweiht. Für den Turm und die Flügel des Gebäudes wurden 180.000 Kubikmeter Beton verbaut, davon 165.000 Kubikmeter Hochleistungsbeton, der in einem Zug von der Entladestelle bis zuletzt in eine Höhe von 606 Metern hochgepumpt wurde.

Der Hochhausturm als wichtiger Bestandteil der modernen Stadt ist heute als Typus zunehmend anonym geworden. Wie es auch anders geht, zeigte bereits 2015 das italienische Architekturbüros Boeri Studio mit dem Bosco Verticale in Mailand, einem begrünten Zwillingsturm, oder zuletzt das Büro Herzog & de Meuron mit dem 2017 fertiggestellten **Hochhaus 57 Leonard Street** (41) in New York, einer 250 Meter hohen Aufeinanderstapelung von Einzelhäusern. Hier machen freiliegende horizontale Betonplatten die etagenweise Stapelung des Bauprozesses und freiliegende Ortbetonstützen das Ausmaß der wirkenden strukturellen Kräfte des Baustoffs im Inneren des Gebäudes erfahrbar.

Brücken in die Zukunft

Aktuell wird weltweit daran geforscht, wie Beton 3D-gedruckt werden kann, um den Baustoff ressourceneffizienter einsetzen und Arbeitsprozesse auf der Baustelle optimieren zu können. In Deutschland entstand kürzlich in Beckum ein Einfamilienhaus und im bayerischen Wallenhausen das größte gedruckte Mehrfamilienhaus Europas: ein Fünffamilienhaus mit drei Stockwerken – das zweifelsohne nicht das Potenzial zur Architekturikone hat, aber neue Wege des Bauens mit Beton aufzeigt.

Wie diese neuen Wege – ästhetisch anspruchsvoll – beschritten werden können, wurde 2001 auf der Architekturbiennale in Venedig demonstriert: Philippe Block von der Block Research Group aus Zürich baute hier gemeinsam mit der Computational Design Group von Zaha Hadid Architects einen 12 mal 16 Meter großen gewölbten **Fußgängersteg namens „Striatus“** (42) aus 3D-gefertigten Betonbausteinen, die sich wie bei alten Steinbrücken zu Bögen ergänzen. Die Kräfte wirken dadurch in reinem Druck und die Bausteine stabilisieren sich durch die Geometrie des Bauwerkes selbst. So kann die Brücke bei Bedarf demontiert und an anderem Ort wieder aufgebaut werden.

CO_2-frei bauen mit Beton

Die Zementindustrie in Deutschland und damit die gesamte Wertschöpfungskette von Zement und Beton stehen auf dem Weg zur Klimaneutralität vor großen Herausforderungen. Der Anteil der durch die Zementproduktion in Deutschland emittierten CO_2-Emissionen entspricht etwa drei Prozent der gesamten deutschen CO_2-Emissionen; der Anteil der globalen Zementproduktion an den weltweiten anthropogenen CO_2-Emissionen beläuft sich auf 6 bis 7 Prozent.

Die Zementindustrie in Deutschland übernimmt Verantwortung und leistet ihren Beitrag für eine klimaneutrale Zukunft: 2020 hat der Verein Deutscher Zementwerke (VDZ) die Studie „Dekarbonisierung von Zement und Beton – Minderungspfade und Handlungsstrategien“ veröffentlicht. Sie stellt eine CO_2-Roadmap für die deutsche Zementindustrie dar. Seit 1990 ist es den deutschen Zementherstellern gelungen, die CO_2-Emissionen sowohl spezifisch als auch absolut in einer Größenordnung von 20 bis 25 Prozent zu verringern. Die Raodmap beschreibt zwei mögliche Dekarbonisierungspfade bis zum Jahr 2050: ein ambitioniertes Referenzszenario, nach dem zum Jahr 2050 eine erhebliche Minderung der CO_2-Emissionen um 36 Prozent gegenüber 2019 und sogar um ca. 50 Prozent gegenüber 1990 erzielt werden wird, und ein Szenario Klimaneutralität, nach dem bereits bis 2030 eine CO_2-Minderung von rund 27 Prozent gegenüber 2019 (ca. 55 Prozent gegenüber 1990) erreicht werden. Bis 2050 wird die deutsche Zementindustrie im Szenario Klimaneutralität unter Ausschöpfung aller verfügbaren CO_2-Minderungsoptionen entlang der Wertschöpfungskette zu einer vollständige Minderung der CO_2-Emissionen gelangen.

1817 veröffentlichte Vicat seine Entdeckungen und fordert alle Ingenieure auf, nach natürlichen hydraulischen Kalken zu suchen, um die Entwicklung des neuen Baustoffs Beton weiter voranzutreiben. Vicats Brücke, 1824 fertiggestellt, steht noch heute. Nicht nur die Brücke von der Block Research Group der ETH Zurich und der Computational Design Group von Zaha Hadid Architects in Venedig zeigt, dass der Baustoff Beton auch in Zukunft die Architektur weiter vorantreiben wird.

Nicht nur die Brücke der Block Research Group von der ETH Zurich und der Computational Design Group von Zaha Hadid Architects in Venedig zeigt, dass der Baustoff Beton auch in Zukunft die Architektur weiter vorantreiben wird.

42 | In Venedig baute die Block Research Group der ETH Zürich gemeinsam mit der Computational Design Group von Zaha Hadid Architects einen 12 mal 16 Meter großen gewölbten Fußgängersteg namens „Striatus“ aus 3D-gefertigten Betonbausteinen.

Fotonachweise

1 | Wikipedia
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Niemeyer-kugel.jpg?uselang=de

2 | Norbert Fiebig

3 | Wikipedia

4 | Wikipedia
https://en.wikipedia.org/wiki/Lighthouse#/media/File:Smeaton's_Lighthouse00.jpg

5 | Wikimedia/Matthieu Riegler/CC BY 3.0

6 | Wikimedia/Reinhard Dietrich/CC BY-SA 4.0
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa_Lebrun.tif

7 | Wikimedia
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/01/Maison_François_Coignet_2.jpg

8 | Wikimedia

9 | Wikimedia/Mbzt/CC BY 3.0

10 | Wikimedia/Friedrich Tellberg/CC BY 3.0

11 | Wikimedia/Thomas Ledl/CC BY-SA 4.0
https://de.wikipedia.org/wiki/Looshaus#/media/Datei:Looshaus_Michaelerplatz.JPG

12 | Wikimedia/Hala Targowa/CC BY 3.0

13 | Wikipedia

14 | Wikimedia/CC BY 3.0

15 | Wikimedia/CC BY 3.0

16 | Wikipedia
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/LeHavre.jpg?1650527866759

17 | Wikimedia/Philippe Breard - Ville du Havre/CC BY-SA 4.0

18 | Wikimedia
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6b/Pettenkoferstr._11_Anatomie_Muenchen-2.jpg

19 | Wikimedia
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Oak_park_unity_temple.jpg

20 | Leibniz-Institut für Astrophysik Potsdam (AIP)

21 | Wikipedia/Wladyslaw Sojka/www.sojka.photo

22 | Wikimedia/Flickr/pheezy/CC BY 2.0

23 | Wikimedia (gemeinfrei)

24 | Wikimedia/Flickr/iip-photo-archive/CC BY 2.0

25 | Norbert Fiebig

26 | Wikimedia
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Halen_002.jpg

27 | seier + seier/CC BY 2.0
https://www.flickr.com/photos/seier/

28 | Wikipedia/Johannes Löw/CC BY-SA 2.5

29 | Wikipedia/Eurico Zimbre/CC BY-SA 2.5
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d0/Brazilian_National_Congress.jpg

30 | Wikimedia/CC BY-SA 4.0

31 | Stuttgart-Marketing GmbH/Achim Mende

32 | seier + seier/CC BY 2.0
https://www.flickr.com/photos/seier/2601498283/in/photostream/

33 | Vitra/Louisa Sawatzki

34 | Zaha Hadid Architects/inexhibit.com

35 | Jean-Pierre Dalbéra/CC BY 2.0
https://www.flickr.com/photos/dalbera/51272095538/in/album-72157719513290045/

36 | Norbert Fiebig

37 | David Chipperfield Architects/Ute Zscharnt

38 | Norbert Fiebig

39 | David Chipperfield Architects/Simon Menges

40 | Juliet Haller, Amt für Städtebau, Zürich

41 | Wikipedia/Potro/CC BY-SA 4.0

42 | naaro

43 | Wikimedia/Philippe Breard - Ville du Havre/CC BY-SA 4.0

43 | Oscar Niemeyers organisch geformter Rundbau Maison de la Culture im französischen Le Havre.

InformationsZentrum Beton GmbH
Toulouser Allee 71
40476 Düsseldorf

Telefon: 0211 28048-1
Telefax: 0211 28048-320
izb@beton.org

www.beton.org

Folgen Sie uns auch in den Sozialen Medien:
www.beton.org/socialmedia

izb_beton
InformationsZentrum Beton GmbH
beton.org
beton_org
betonfilme