

Bundesingenieurkammer (Hrsg.)

Ingenieurbaukunst 2021

Made in Germany

- die besten aktuellen Projekte von Ingenieuren aus Deutschland
- neue Entwicklungen im Bauwesen wie Klimaschutz und Ressourceneffizienz
- inspiriert vom Symposium IngD4C „Ingenieurbaukunst – Design for Construction“

Das Buch präsentiert die spektakulärsten aktuellen Ingenieurbauprojekte weltweit, an denen deutsche Ingenieure wesentlichen Anteil haben. Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer, ist das Werk die zentrale Leistungsschau des deutschen Bauingenieurwesens.

BESTELLEN

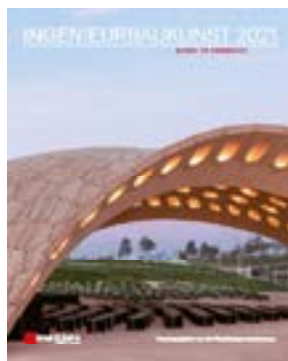
+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3321

WILEY

Ernst & Sohn
A Wiley Brand



11 / 2020 · 190 Seiten · 130 Abbildungen

Softcover

ISBN 978-3-433-03321-0

€ 39,90*

ÜBER DAS BUCH

Die neue Ausgabe des Jahrbuchs „Ingenieurbaukunst“ präsentiert wieder eine Auswahl der spektakulärsten aktuellen Bauprojekte „Made in Germany“. Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer, ist das Werk die zentrale Leistungsschau des deutschen Bauingenieurwesens.

Die von einem wissenschaftlichen Beirat ausgewählten Bauwerke werden von den beteiligten Ingenieuren beschrieben, sodass die jeweils spezifischen Herausforderungen und die Lösungswege in Planung und Ausführung aufgezeigt werden. Somit stellt das Jahrbuch erneut einerseits eine Galerie der Spitzenleistungen deutscher Bauingenieure dar und fungiert andererseits als Reflexionsfläche der aktuellen Debatten im Bauingenieurwesen.

BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03321-0	Ingenieurbaukunst 2021	€ 39,90*

☐ Privat

☐ Geschäftlich

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an:

Tel. +49 (0)30 47031-236

Fax +49 (0)30 47031-240

marketing@ernst-und-sohn.de

Firma

UST-ID Nr.

Name, Vorname

Telefon

Fax

Straße, Nr.

PLZ/Ort/Land

E-Mail

Datum/Unterschrift

www.ernst-und-sohn.de/3321

- 8 Ingenieurbaukunst für eine nachhaltige Entwicklung: Bauwerke, die den Wandel prägen

Projekte

- 12 Einfach komplex und komplex einfach – Das Tragwerk für den Axel-Springer-Neubau in Berlin
- 22 Ein Holzdach als „reciprocal frame“ – Die Erweiterung des Frans Masereel Centruns in Kasterlee
- 30 Der Himmel als Verkleidung – Hudson Yards Art Wall
- 38 Erster Fünfgeschosser aus Massivholz in Sachsen – Das neue Wohn- und Geschäftshaus Z8 in Leipzig
- 46 Eine neue Verkehrsdrehscheibe zwischen Asien und Europa – Der Internationale Seehafen Turkmenbashi
- 56 Zukunftsweisendes Forschungsgebäude in hybrider Holz-Beton-Verbundbauweise – Das ZELUBA in Braunschweig
- 64 Verstärkung mit Leichtigkeit – Die Ertüchtigung der Rheinbrücke Maxau
- 72 Holzbau repräsentiert Klebetechnologie – Das neue Innovationszentrum von Jowat in Detmold
- 80 Kulturbau in modifizierter Mauerwerksbauweise – Die Stadtbibliothek in Rottenburg am Neckar
- 88 Leichte Anmutung als identitätsstiftendes Merkmal – Das neue Stadion für die Tottenham Hotspurs
- 96 Ein traditioneller Baustoff neu interpretiert – Die Alnatura Arbeitswelt in Darmstadt
- 104 Eine der weltgrößten Hubbrücken – Die Neue Bahnbrücke Kattwyk in Hamburg
- 114 Eine Kuppelschale aus Holz für die Synagoge – Das neue Jüdische Gemeindezentrum in Regensburg
- 120 Unerschütterlich trotz geschlitzter Stützen – Das neue Geo- und Umweltforschungszentrum der Uni Tübingen
- 128 Ein Balanceakt auf Sandstein – Das neue Ludwig Erhard Zentrum in Fürth
- 136 Massiv, integral, modern – Drei Holzbrücken im Remstal
- 142 Form Follows Sun – Die Holzkuppeln des Botanischen Gartens in Taiyuan
- 150 Klassische Form und neue Konzepte – Netzbogen über die A9 bei Nürnberg

Geschichte, Forschung, Essay

- 158 Klimaschutz und Ressourceneffizienz in Zeiten der Digitalisierung – Ein Gespräch zu den Aufgaben in Lehre, Forschung und Praxis
- 164 Alter Werkstoff mit hohem Potenzial – Bauen mit Holz
- 170 Because we can? – Fluch und Segen der modernen Glasarchitektur
- 176 Robotisches Bauen für die Zukunft der Architektur – Die beiden Leichtbaupavillons auf der BUGA 2019 in Heilbronn
- 184 Immer wieder neu denken – Der Ingenieur und Hochschullehrer Stefan Polónyi
- 190 Von Pythagoras bis zum Dortmunder Modell Bauwesen

Anhang

INGENIEURBAUKUNST

FÜR EINE NACHHALTIGE ENTWICKLUNG:

BAUWERKE, DIE DEN WANDEL PRÄGEN

Das Jahrbuch „Ingenieurbaukunst 2021“ präsentiert ein breites Spektrum an Beispielen, wie die Beteiligten im Bauingenieurwesen Nachhaltigkeit, Technik und Kunst zusammendenken.

Rolle der Bauingenieurinnen und -ingenieure für die Nachhaltigkeit

Mit vergleichsweise wenigen Einwohnern (ca. 82 Millionen) und kaum Rohstoffen ist Deutschland trotzdem eine der stärksten Wirtschaftsnationen der Welt – nicht zuletzt dank unserer Ingenieurinnen und Ingenieure. Bezahlbare und saubere Energie, intakte Infrastrukturen, Klimaschutz, nachhaltige Energiegewinnung und auch klimaangepasste Städte sind ohne Bauwesen und Anlagenbau undenkbar. Bauen steht für ca. 30 % der CO₂-Emissionen und des Energieverbrauchs, ca. 50 % des Abfallaufkommens, ca. 90 % der gesamten inländischen Entnahme mineralischer Rohstoffe. Im Jahr 2019 generierte die Immobilienwirtschaft eine „Bruttowertschöpfung“ von ca. 600 Milliarden Euro (Jahresbericht ZIA, 2019). Kaum eine Branche ist mit so vielen Lebensbereichen und Wirtschaftszweigen so stark verknüpft wie die Baubranche. Auch zeigen gesellschaftliche Debatten, dass Klimaschutz zusammen mit der Lebensrealität der Menschen vor Ort in der gebauten Umwelt gedacht werden muss. Qualitätsvolle Bauten und Lebensräume stiften zudem Identität. Kurz: Ohne Ingenieurwesen keine Zivilisation. Ohne Architektur keine Baukultur. Ohne Bauen und Stadtentwicklung keine erfolgreiche Nachhaltigkeitspolitik.

„Lebe von den Erträgen, nicht vor der Substanz“ – Ressourcenknappheit als Treiber von Innovationen

Vor fast 50 Jahren stellte der Club of Rome mit dem Buch „Die Grenzen des Wachstums“ die Ressourcenfrage ins Zentrum der öffentlichen Aufmerksamkeit. Ernst-Ulrich von Weizsäcker, ehemaliger Ko-Präsident, mahnt auch heute, dass wir vor allem ein Ressourcenproblem haben.

Jeder Bundesbürger „trägt“ rund 360 Tonnen Materialien – aus „seinen“ Anteilen an Infrastrukturen, aus privaten und öffentlichen Räumen stammend. Die Weltbevölkerung wächst jede Sekunde um 2,6 Menschen. Allein China hat zwischen 2011 und 2013 mehr Zement als die USA im gesamten 20. Jahrhundert verbraucht. Wenn langfristig alle Menschen ähnliche Ressourcenmengen verbrauchen, müsste man fast 1.000 Tonnen Materialien pro Sekunde verbrauchen. Die Folge wären Schäden für die Umwelt und damit für unsere natürlichen Lebensgrundlagen. Wer aber Wachstum und Kon-



sum pauschal verurteilt, ignoriert Länder, die wachsen wollen und müssen. Menschen streben überall nach Wohlstand. Die Aufgabe lautet daher einerseits, Ressourceneffizienz zu etablieren, und andererseits, Wachstum und Konsum von negativen Umwelteffekten abzukoppeln. Dazu brauchen wir keine Verbote, sondern Innovationen, Erfindungsgeist, Technik, Kooperation und baukulturell ansprechende Lösungen.

Lebenszyklus im Blick – für eine konsequente Kreislauf(bau)wirtschaft

Die Bauwirtschaft muss in eine Kreislaufwirtschaft überführt werden, die Ressourcen nicht nur sehr effizient nutzt, sondern im Kreislauf hält: als ein (Bau)Wirtschaften, das „Weniger ist mehr“ und „immer wieder“ als Tugend versteht. Dazu gehören Life Cycle Engineering, recyclingfähige Materialien, modulares wie klima- und ressourcenneutrales Bauen, weniger irreversible Verbindungen usw.

Fokussieren wir nur die Energieeffizienz im Betrieb, ist oft Übertechnisierung die Folge, also mehr Material und Technik und somit mehr graue Energie und CO₂-Emissionen. Damit Ressourcenverbrauch und Umwelteffekte nicht nur verschoben, sondern insgesamt reduziert werden, ist eine Betrachtung im gesamten Lebenszyklus erforderlich. Auch Gebäude lassen sich lange (um)nutzen, wenn bei der Planung der Lebenszyklus mitgedacht wird und etwa flexible Grundrisse und nachrüstbare Technik zum Einsatz kommen.

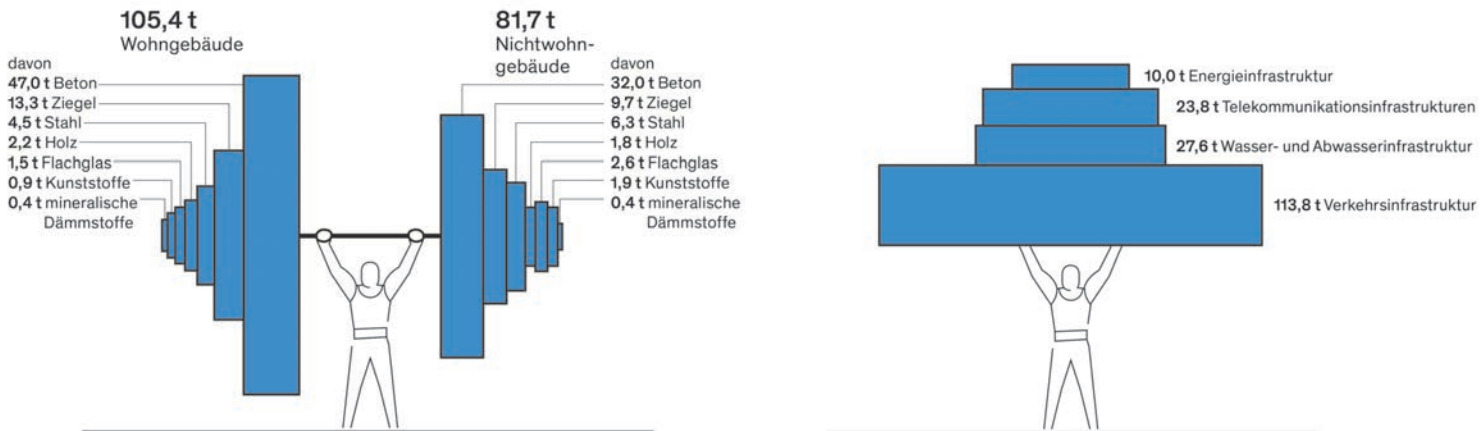
Ressourceneffizienz früher denken

Während Energieeffizienz durch sekundäre Konstruktionen wie Dämmung üblich ist, stehen Maßnahmen der Ressourceneffizienz der primären Konstruktion – wie

Insgesamt 362,4 t
pro Einwohner

187,1 t
gesamter
Gebäudebestand

175,2 t
gesamte
Infrastrukturen



1

Tragwerk – nicht im Fokus. Tragwerke ermöglichen die Architektur, indem sie eine raumumschließende Fläche statisch gestalten, und leisten so einen wichtigen Beitrag zur ästhetischen Erscheinung. Doch es geht um mehr. Parametrische Planungsmethoden oder von Bionik inspirierte Bauweisen konzentrieren die Materialien dort, wo sie für die Lastabtragung nötig sind, und tragen so zur Ressourceneffizienz bei – nur ein Beispiel, wie Nachhaltigkeit und Ästhetik zusammengehen können. Davon brauchen wir mehr. Was fehlt? Das Normungswesen zur Bemessung von Bauteilen muss der Ressourcenknappheit und damit diesen Methoden Rechnung tragen. Klug eingesetzt, können Reformen solche Innovationen unterstützen.

Integrierte Technik als gestalterisches Element

Für einen „klimaneutralen“ Gebäudebestand ist eine Wärmewende ebenso wichtig wie Energiegewinnung am Gebäude. Die Baubranche sollte eigene Konzepte für baukulturell ansprechende und integrierte Technik zur Energiegewinnung entwickeln. „Integriert“ bedeutet hier nicht nur „abgestimmt oder Teil eines Gesamtkonzeptes“, sondern gestalterisch mitgedacht. Idealerweise sollte man den Produkten die Funktion „Energiegewinnung“ erst gar nicht ansehen. Dachsteine, die Strom gewinnen, solarthermisch aktive Dachpaneele für Warmwasser, die dabei auch ihre Funktion „Gebäudeabschluss“ erfüllen. Schließlich sieht man einer Däm-

mung auch nicht an, wie sie Wärmedurchgänge reduziert oder Schallenergie absorbiert. Wir müssen uns von rein additiven hin zu multi-funktionalen und integrierten Bauprodukten bewegen und Energietechnik im Bau als gestalterisches Element verstehen.

Infrastrukturbauten als identitätsstiftende Landmarken

In der Leipzig Charta, dem Leitbild der europäischen Stadt, wird die Verzahnung zwischen Quartier, Gesamtstadt und dem stadtreionalen Raum adressiert und mit Nachhaltigkeitsfragen verknüpft. Was aber kann der Beitrag von Ingenieurbaukunst hierbei sein? Meine Antwort: Funktionale Infrastrukturbauten zu guten Visitenkarten, zu Landmarken zu erheben.

2050 werden mehr als 66 % der Weltbevölkerung in Metropolen leben. Der Urbanisierungstrend trifft auch Europa. Die Verstädterung generiert nicht nur Gewinner, sondern auch Verlierer. Die Kluft zwischen Stadt und ländlichem Raum wächst, mit enormen Folgen für die Umwelt und den sozialen Zusammenhalt. Ist das umkehrbar? Ländliche Räume wieder attraktiv zu machen, ist sicher Aufgabe von Politik und Raumplanung. Was wäre der Beitrag von Ingenieurbaukunst? Ich bin der Überzeugung, dass jeder Infrastrukturbau – egal ob ein Bahnhof oder eine kleine Bushaltestelle – der Ausgangspunkt vieler Gedanken über den Ort, seine

1 Materiallager Gebäude und Infrastrukturen – Verbautes Material pro Einwohner in Deutschland (2010/11, 2016)

Menschen, die Perspektiven usw. sein kann. Es sind Visitenkarten, die die Wahrnehmung eines Ortes maßgeblich bestimmen, seine Attraktivität erhöhen und positive Entwicklungen mit anschieben können. Infrastruktur- und Verkehrsbauten, die nicht nur funktional, sondern architektonisch und baukulturell einladend sind, sind ein Gewinn für die Baukultur und ein Mittel gegen die Kluft zwischen Stadt und ländlichem Raum.

Wie kreativ bleiben wir?

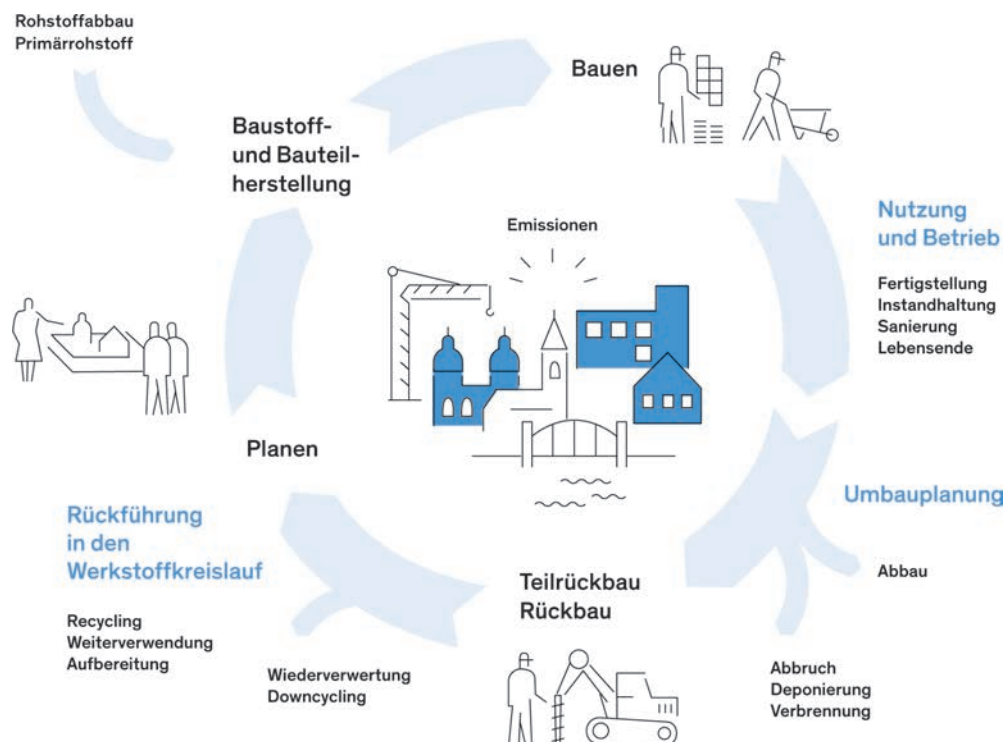
„Kunst hat keine Regeln“ (Immanuel Kant), Baukunst eine Menge davon. Bauwerke erfüllen verschiedene Funktionen und Anforderungen. Und inmitten unzähliger Normen, Richtlinien und gesetzlicher Bestimmungen gelingt immer wieder etwas ganz Besonderes: Ingenieurbaukunst. Die eigene ingenieurtechnische komplexe Leistung in kunstvoller Weise sichtbar und lesbar zu machen, sie zum entscheidenden Faktor für „das Kunstvolle am Bau“ zu erheben, Technik und Ästhetik als Einheit zu gestalten. Filigranität, Leichtigkeit, sichtbare Kraftflüsse und vieles mehr gehören dazu.

Manches erkennt man auf den ersten, manches erst auf den zweiten Blick. Einige arbeiten – wörtlich genommen – im Untergrund. Leistungen etwa der Geotechnik sind schwieriger darzustellen. Ihr Beitrag ist deshalb nicht geringer, nur verborgener.

Ingenieurbaukunst 2021 präsentiert ein breites Spektrum an Beispielen, wie Bauingenieurinnen und -ingenieure Nachhaltigkeit, Technik und Kunst zusammendenken. Das Buch würdigt auch Persönlichkeiten der Baubranche. Ihr Beitrag: Offenheit gegenüber Architektur, gepaart mit Mut bei der Suche nach technischen Lösungen. Ohne sie wäre die Baukultur ärmer und viele Diskurse nicht möglich. Die Kreativität vieler Ingenieurbüros ist aber kein Zufall. Die deutsche Planungslandschaft ist klein- bis mittelständisch geprägt, Büros sind oft eigentümergeführt. Diese Strukturen unterstützen Kreativität. Möge diese Stärke erhalten – und auch die Jahrbücher für Ingenieurbaukunst gut gefüllt – bleiben.

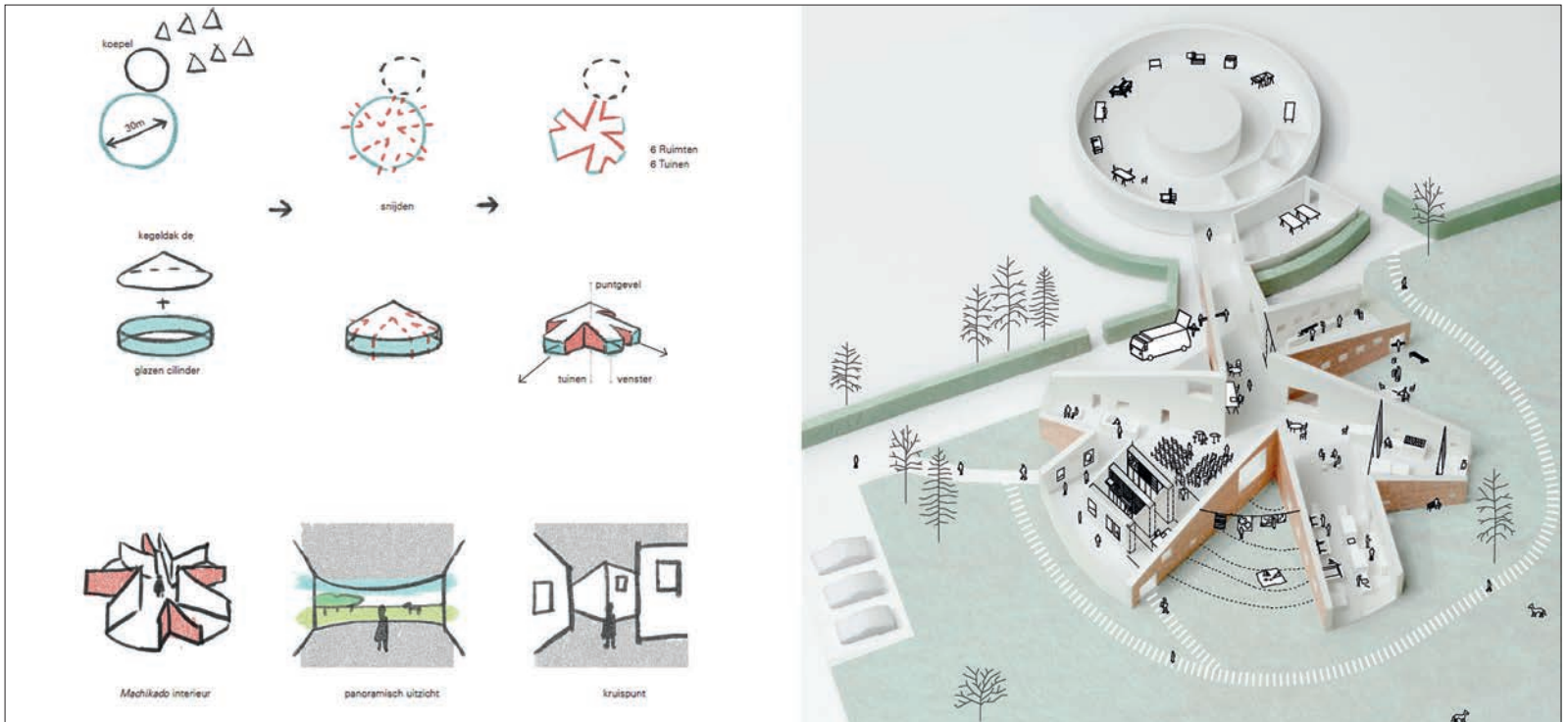
Lamia Messari-Becker

2 Kreislaufwirtschaft Bauen



EIN HOLZDACH
ALS „RECIPROCAL FRAME“ –
DIE ERWEITERUNG DES
FRANS MASEREEL CENTRUMS
IN KASTERLEE





1

Die Erweiterung des Frans Masereel Centruns im belgischen Kasterlee bot die Gelegenheit, mit den Möglichkeiten und Grenzen neuer digitaler Technologien bei der Entwicklung einer jahrhundertealten Strukturtypologie zu experimentieren. Seine Dachkonstruktion basiert auf dem sogenannten „reciprocal frame“. Dabei erstrecken sich Elemente von begrenzter Länge über große Entfernungen und durch ihre Verbindung entsteht eine flächig wirkende Tragstruktur.

Das von dem belgischen Architekten Lou Jansen geplante Atelier für Tief-, Relief- und Siebdruck sowie Lithografie entstand Anfang der 1970er Jahre im flämischen Kasterlee. Umgeben von offenen Feldern und Kieferwäldern gruppieren sich dreizehn kleine Wohnhäuser in A-Rahmen-Bauweise um ein Haupthaus, einen Rundbau mit Kuppeldach. Zwei weitere eiförmige Nebengebäude ergänzen das Ensemble.

Die offenstehende Druckwerkstatt bietet seit ihrer Gründung nationalen und internationalen Künstlern, Forschern und Grafikern in einem mehrwöchigen Rhythmus einen Ort, an dem sie miteinander leben und arbeiten können. Seit 1972 ist das Zentrum dem im gleichen Jahr verstorbenen Künstler Frans Masereel gewidmet. Der belgische Grafiker, Zeichner und Maler war insbesondere für seine Holzschnitte weit über die Grenzen Belgiens hinaus bekannt. Der bekennende

Humanist zeichnete sich durch seine offene Denk- und Arbeitsweise in besonderem Maße aus und qualifizierte sich damit nach seinem Tod als angemessener Pate für das Arbeitszentrum für Künstlerinnen und Künstler. Eine Dauerausstellung seiner Werke unterstreicht seine Bedeutung für diesen Ort.

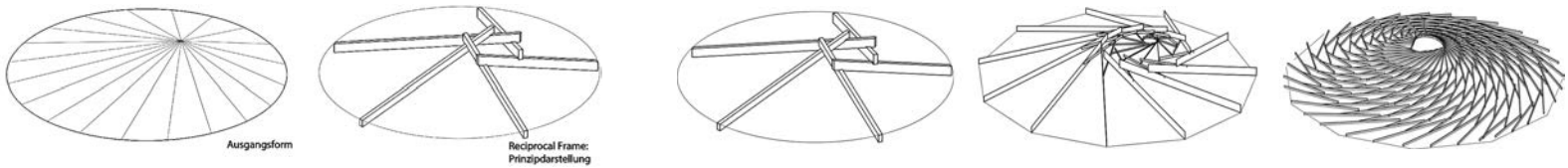
Entwurf und Gestaltung

2014 wurde zur Erweiterung dieses Zentrums ein Wettbewerb für den Entwurf eines gemeinschaftlichen Ausstellungs- und Ateliergebäudes ausgelobt, den das Pariser Architekturbüro LIST in Zusammenarbeit mit dem japanischen Architekten Hideyuki Nakayama gewann. Das neue Gebäude bietet zusätzlichen Raum für die Sammlung von Frans Masereel, außerdem ein digitales Studio und einen Projektraum. Ido Avissar (LIST) und Hideyuki Nakayama entwarfen eine räumlich angemessene Erweiterung, die die Gestaltungselemente und Volumina der Bestandsgebäude aufnimmt und gleichzeitig den mit dem Centrum verbundenen Gedanken der Interaktion von Kunst, Architektur und Öffentlichkeit weiterträgt. Ohne klare Grenzen zwischen Ausstellungs- und Arbeitsflächen können die Besucherinnen und Besucher die Kunstschaaffenden direkt bei der Arbeit beobachten.

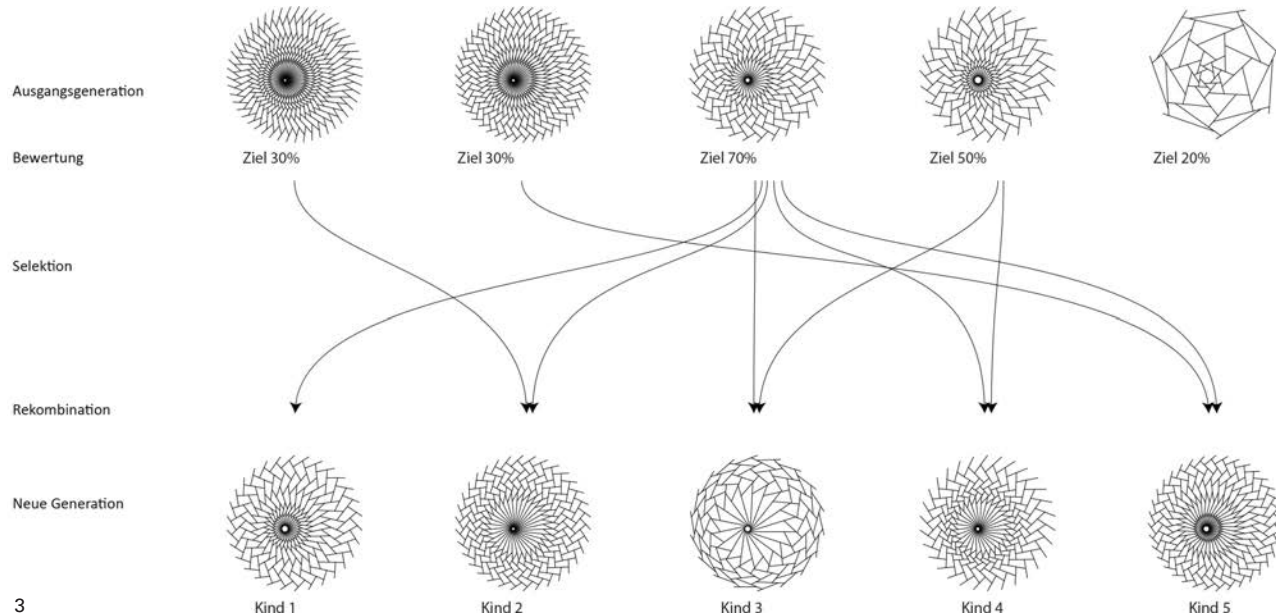
Geometrisch hat sich das neue Gebäude aus einem Kreis heraus entwickelt, aus dem ein gerader Zylinder

Seite 22:
Blick in den Innenraum

1 Skizzenhafte Darstellung der geometrischen Entwicklung (links); perspektivischer Schnitt durch das bestehende Haupthaus und die Erweiterung (rechts)



2



3

mit einem schiefen kegelförmigen Dach entstanden ist. Aus dieser Zylinder- bzw. Kegelanordnung wurden wie bei einer Torte Stücke herausgeschnitten, deren Ausschnitte Gärten schaffen, die sich nahtlos in die umgebende Landschaft einfügen. Gleichzeitig wirken die scharf eingeschnittenen Innenräume mit unterschiedlichen Größen und Qualitäten wie zufällig in einer nicht-hierarchischen Beziehung angeordnet. Die Anschnitte folgen tatsächlich keinem strengen Protokoll, entstanden sind vielmehr verschiedene Volumina mit unterschiedlich langen gekrümmten Wänden, deren Achsen versetzt zueinander liegen. So findet im Zentrum des Pavillons Begegnung, an der Peripherie das individuelle Erleben statt. Jeder sieht das Zentrum, aber kaum darüber hinaus. Den Nutzern bzw. Besuchern bietet sich so eine Vielzahl an Möglichkeiten, sich das einzigartige Raumerlebnis auf eigene Faust zu erschließen.

Konzeption der Dachstruktur

Die Idee einer kuppelförmigen Dachkonstruktion begann bereits während der Wettbewerbsphase konkrete Formen anzunehmen. Das Dach sollte eine einheitliche, gleichmäßige Oberfläche oder Gitter abbilden und nicht durch Stützen bzw. die Anordnung der Wände darunter gestört werden. Angesichts der freien, nicht-hierarchischen Geometrie des Baukörpers lag es nahe, auch die Konstruktion ohne klare Hierarchisierung und Ausrichtung zu entwickeln. Die Idee einer Betonkuppel wurde

aus Kostengründen frühzeitig aufgegeben. Eine klassische Sparren-Pfetten-Holzkonstruktion hätte in Hinblick auf die unterschiedlichen Baukörper eine jeweils eigene Dachgeometrie erfordert, was wiederum der ursprünglichen Entwurfsidee der Kreisform zuwiderge laufen wäre. Eine weitere Herausforderung der Architekten war außerdem, die Dachstruktur von unten sichtbar werden zu lassen.

Schlussendlich fiel die Wahl auf ein Stabnetztragwerk, das auf der jahrhundertealten Typologie des „reciprocal frame“ basiert. Ein reziprokes System verwendet relativ kurze Einzelelemente, um mit der Gesamtstruktur eine Spannweite zu überbrücken, die einem Vielfachen der Länge der Einzelelemente entspricht. Hierbei stützen die Träger sich gegenseitig untereinander ab. So entsteht eine nicht-hierarchische flächige Tragstruktur. Der Einsatz dieser Typologie mit relativ kurzen Massivholzbalken mit kleinen Querschnitten stellte sich außerdem als eine materialsparende Option heraus, die die Verwendung von verleimten Holzbindern überflüssig macht. Zusätzlich konnte durch die lokale Verarbeitung des heimischen Holzes der ökologische Fußabdruck gering gehalten werden.

Im Falle des Frans Masereel Centruns besteht die Geometrie des Dachtragwerks aus einem Modul von jeweils vier Trägern, die in radialen und ortho-radialen Linien auf dem Kegel organisiert sind. Angesichts der

2 Entwicklung des reziproken Prinzips der Dachstruktur
3 Diagramm des genetischen Algorithmus auf zwei Ebenen angewandt (Prinzipdarstellung)

Seite 25:

4 Variantenstudie zur Kegelhöhe und mögliche Position der Kegelspitze

Alte Konstruktionsweise zeitgenössisch

Eine alte Konstruktionsweise mit heutigen Mitteln neu zu interpretieren, ist eine spannende Sache. Klaas De Rycke gibt Einblicke, wie das bei einer unregelmäßigen Dachschele mit einer Konstruktion wechselseitiger Rahmen aus einfachen Holzbalken mithilfe parametrischer Planung gelungen ist.

Der Reciprocal Frame oder wechselseitige Rahmen ist ein simples Strukturprinzip. Wie funktioniert das?

Das ist ein räumliches System aus mindestens drei Balken, die sich ohne zusätzliches Auflager wechselseitig stützen. Oder wie ein Tipi, bei dem sich die Stäbe in der Mitte gegenseitig halten. Nur liegen bei uns die Balken in einer Ebene und es sind viel mehr Stäbe.

Wo ist der Vorteil des Reciprocal Frame bei der Ressourceneffizienz gegenüber Holzleimbindern?

Wichtig war mir, dass keine verleimten Holzbinder verwendet werden, sondern nur Massivholz. Die aufzuwendende Quantität ist ähnlich, aber die kleinen Balken sind prinzipiell viel einfacher zu fertigen und zu montieren. Das hat etwas von einfachem Bauen.

Die Strukturentwicklung wird von statischen Randbedingungen und Algorithmen geprägt. Wo können die Ingenieure eingreifen? Wo ist die Handschrift des Architekten ablesbar?

Die grundsätzliche Dachform kommt von den Architekten. Die Randbedingungen haben wir dann gemeinsam festgelegt. Bei der eigentlichen Struktur haben wir uns stark eingebracht. Unsere Ideen waren Holz als leichtes Material, einfach zu handhabende Elemente sowie das Prinzip des Reciprocal Frame als kontinuierliches Raster ohne Hierarchien. Wir haben etliche strukturelle Parameter mit einer Sensibilitätsanalyse untersucht, mögliche

Lösungen herausgearbeitet und diese mit den Architekten abgestimmt. Der parametrische Ansatz mit genetischen Algorithmen entspricht diesem Vorgehen mit Testen und Finden von teilweise unerwarteten Lösungen.

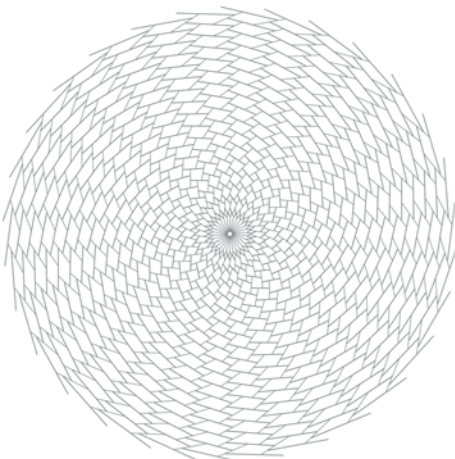
Wie erfolgt in einem solchen Fall der Dialog mit der Bauausführung?

Es beginnt mit der Suche nach einer Baufirma, die Ungewöhnliches mitmacht. Es gibt in Belgien nicht viele Firmen, die komplexen Holzbau können oder sich so weit engagieren wollen. Am Ende hatten wir Glück und wir haben einen Partner gefunden, mit dem wir schon in früheren Projekten vertrauensvoll zusammengearbeitet haben. Nur so funktioniert der Dialog im Rahmen der gewünschten Ästhetik und technischen Finesse. Ein bisschen ist das ein Widerspruch: Das Strukturprinzip mit den kurzen Balken ist simpel, die Anforderung an die Präzision der geometrisch variablen, doppelten Schnittführung hingegen nicht.



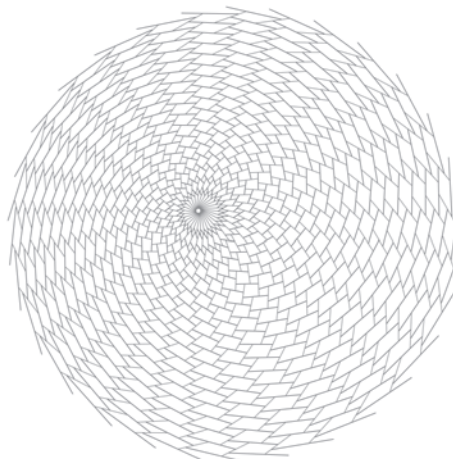
Klaas De Rycke ist Geschäftsführer von Bollinger+Grohmann in Paris und Brüssel sowie Professor an der École Nationale Supérieure d'Architecture de Versailles und Senior Lecturer an der UCL London.

Länge der Holzstäbe gesamt: 1.793 m
Maximales Moment: 57,07 kNm
Maximale Verformung: 1,21 m



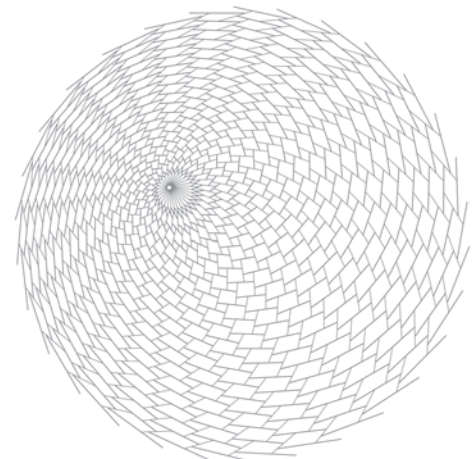
Position im Mittelpunkt

Länge der Holzstäbe gesamt: 1.796 m
Maximales Moment: 61,78 kNm
Maximale Verformung: 1,45 m



Position Architekt

Länge der Holzstäbe gesamt: 1.808 m
Maximales Moment: 61,05 kNm
Maximale Verformung: 1,75 m

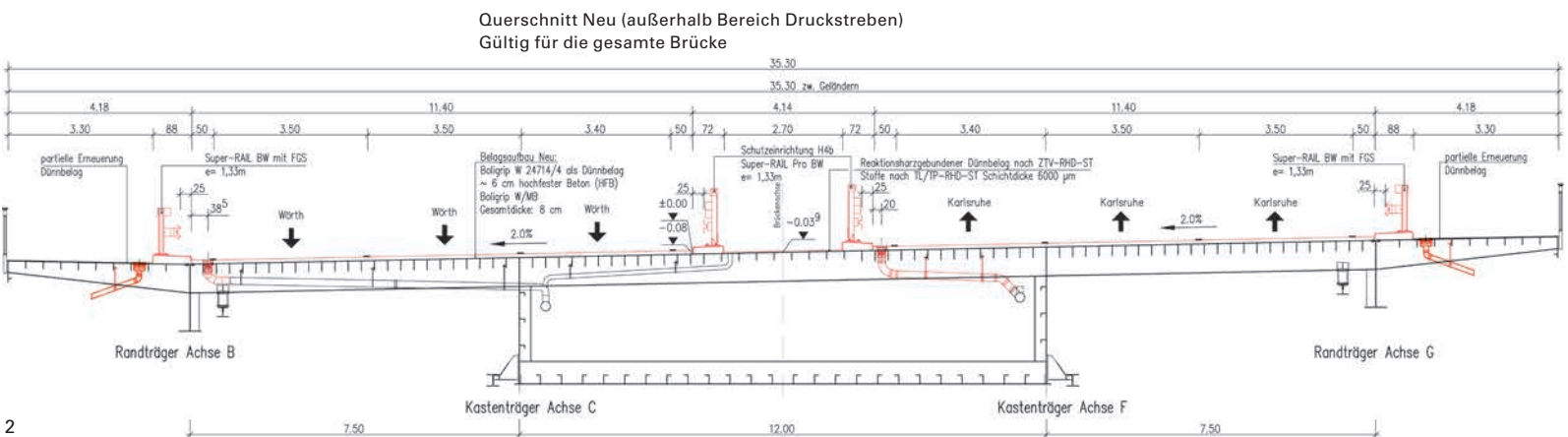
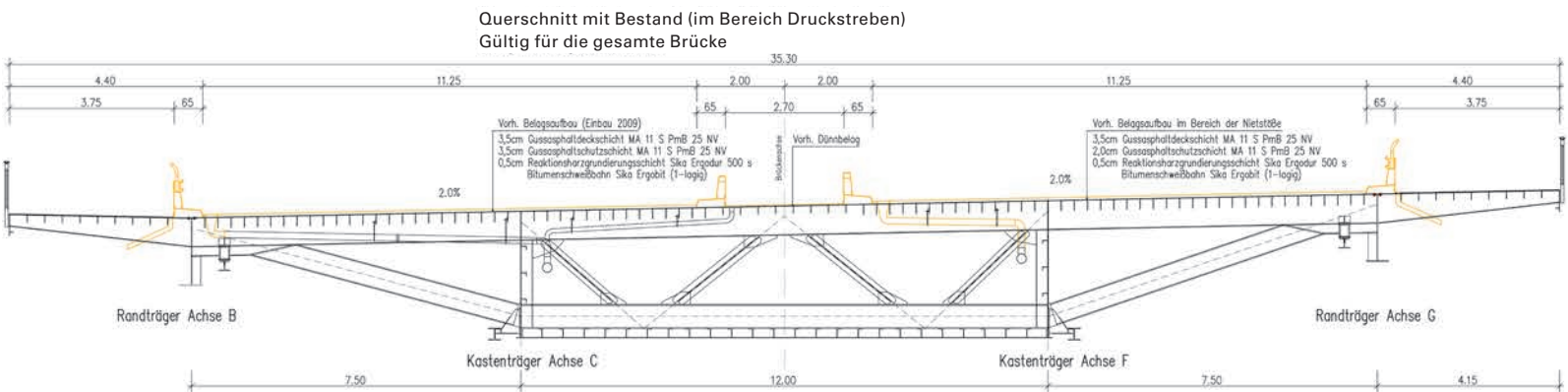
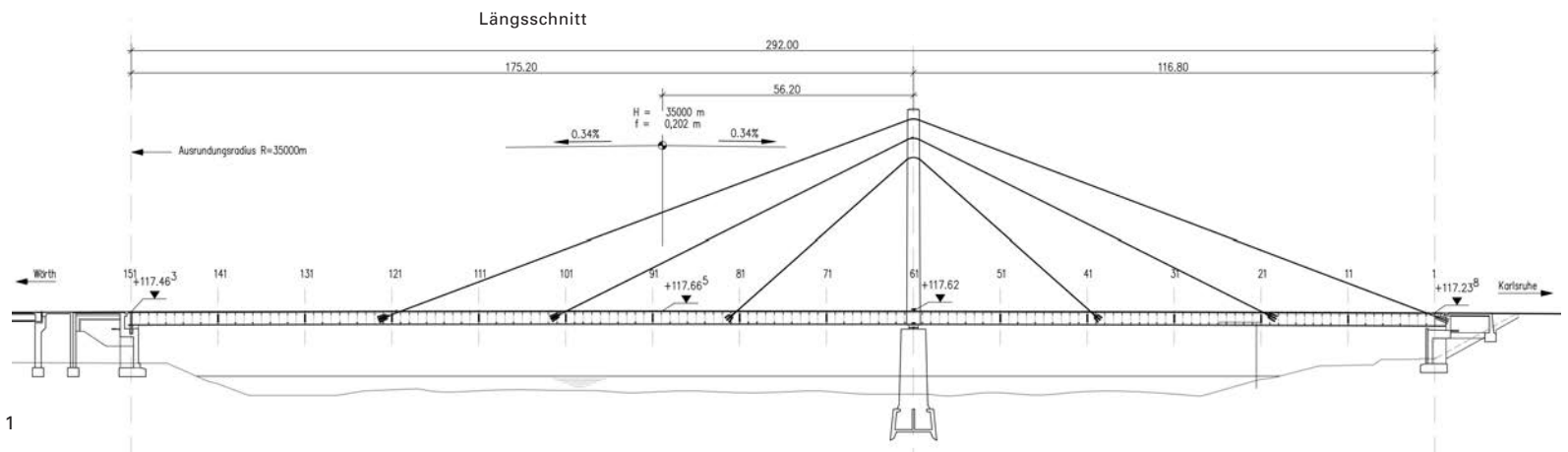


Position exzentrisch

VERSTÄRKUNG MIT LEICHTIGKEIT – DIE ERTÜCHTIGUNG DER RHEINBRÜCKE MAXAU







Die Rheinbrücke Maxau ist die einzige Rheinquerung in einem Radius von 25 Kilometern um Karlsruhe und deshalb von elementarer Bedeutung für den Karlsruher Raum und die Südpfalz. Wie alle Stahlbrücken mit orthotroper Fahrbahn ist sie stark ermüdungsgefährdet. Mit einer erstmalig in Deutschland angewandten Ertüchtigungsmethode konnte die Brücke für die kommenden Belastungen effizient verstärkt werden.

Das Bauwerk

Die Rheinbrücke Maxau bei Karlsruhe wurde 1963–1966 erbaut. Als eine der ersten großen Schrägseilbrücken aus Stahl in Deutschland fanden die schlanke Konstruktion und die besondere Bauweise große Beachtung.

Das Bauwerk überführt die Bundesstraße B10 mit einer Brückenlänge von 292 Metern über den Rhein. Es überspannt dabei zwei Felder mit Stützweiten von 175,2 und 116,8 Meter. Sechs Tragkabel unterteilen die großen Felder in Stützweiten von 37 bis 58 Meter. Der Querschnitt der Brücke ist ein Hohlkasten mit einer Höhe von circa 3,0 Metern und einer Breite von 12 Metern. Zu beiden Seiten schließen weit ausladende Kragarme von jeweils 11,65 Meter an. Die Kragarme werden durch Randlängsträger und Streben zum Kasten hin gestützt.

Die stählerne Fahrbahn besteht aus dem Deckblech mit einer Dicke von 12 Millimetern, aus darunter angebrachten Flachstahlsteifen in Längsrichtung und quer dazu den Querträgern mit einem Abstand untereinander

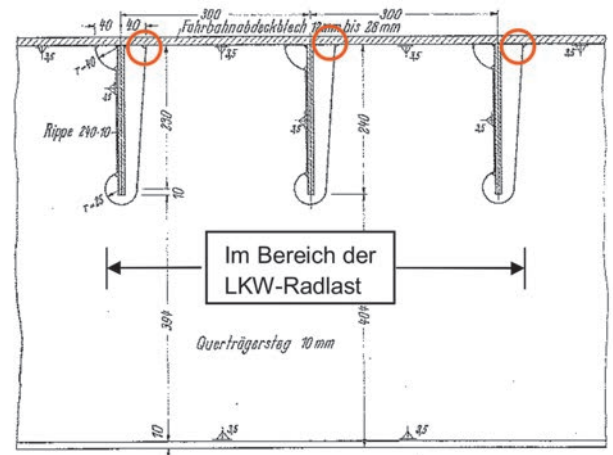
Seiten 64/65:
Freigemachtes Deckblech in Vorbereitung für das Aufbringen des hochfesten Betons

1 Ansicht der Brücke
2 Querschnitt der Brücke – oben vor Umbau im Bereich der Druckstreben, unten nach Umbau im Bereich der normalen Querträger



3 Ansicht der Brücke vom
Widerlager Pfalz, Seite Wörth
4 Querträger, Fahrbahnsteifen
und Ort der Risse

5 Luftbild Brücke mit Schutz-
zelt und (4+0)-Verkehr



4

3

der von circa 2 Metern. Der Fachbegriff dafür ist „orthotrope Fahrbahn“, da eine ungleiche Steifigkeitsverteilung in Längs- und Querrichtung vorliegt. Auf der Fahrbahn war ein herkömmlicher Gussasphaltbelag mit Abdichtung aufgebracht.

An den Widerlagern Baden und Pfalz ist die Brücke mit stählernen Druck-Zug-Pendellagern verankert. Der Pylon ist am Flusspfeiler auf einem Topflager gelagert. Dieses weist einen Durchmesser von 1,8 Metern auf und ist mit einer maximalen Auflagerkraft von 68 Meganewton beansprucht. Die Stahlbeton-Widerlager sind auf je circa 90 Stahlbetonpfählen gegründet. Der Flusspfeiler ist auf einem Senkkasten circa 10 Meter unter der Flussbettssohle gegründet. Die gesamte Stahlkonstruktion hat ein Gewicht von 4.050 Tonnen.

Das Bauwerk wurde mit zwei Fahrstreifen pro Richtung für die Brückenklasse 60 ausgelegt. Wegen des veränderten Verkehrsaufkommens wurde je Seite ein Fahrstreifen hinzugefügt, außerdem konnte die Konstruktion durch Nachrechnung auf die Brückenklasse 60/30 angehoben werden.

Alle Montagequerstöße und die Längsstöße des Bodenblechs wurden mit insgesamt 62.000 Nieten genietet, die Längsnähte der Deckbleche wurden als Baustellennaht geschweißt, alle anderen Stoßverbindungen wurden mit hochfesten Schrauben (HV) ausgeführt.



5

KLIMASCHUTZ UND RESSOURCENEFFIZIENZ IN ZEITEN DER DIGITALISIERUNG

Ein Gespräch zu den Aufgaben in Lehre, Forschung und Praxis



Kelchstütze bei Stuttgart 21, betoniert

Drei Ingenieure und kürzlich berufene Hochschul-lehrer – Lucio Blandini, der das Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren (ILEK) an der Universität Stuttgart leitet, Christian Hartz, Professor für Tragkonstruktionen an der Fakultät für Architektur und Bauingenieurwesen der TU Dortmund, sowie Julian Lienhard, Professor für Tragwerksentwurf an der Universität Kassel – bilden die kommenden Generationen von IngenieurInnen und ArchitektInnen aus. Mit ihnen hat Bernhard Hauke gesprochen, was heute und morgen wichtig und vielleicht auch anders ist in Lehre, Forschung und Praxis.

Die Zukunftsverantwortung von IngenieurInnen und ArchitektInnen

Ressourceneffizienz ist eines der momentan prägenden Diskussionsthemen beim Planen und Bauen. Es geht ja nicht nur darum, viel Bauwerk mit wenig Material zu bauen. Wie kann das den Studierenden richtig vermittelt werden, als eigenständiges Thema oder integriert in die jeweiligen konstruktiven und planerischen Disziplinen?

Lucio Blandini (LB) Ressourceneffizienz ist eine absolute Notwendigkeit. Ohne sie wird im Bauwesen in den kommenden Jahren kaum noch etwas möglich sein. Aber wie integriert man ein solches zentrales Anliegen am besten in die Lehre? Es geht ja nicht nur darum, die bestehenden Fächer neu auszurichten. Wir müssen auch neue Module etablieren, ohne den Lehrplan zu überfrachten. Am ILEK wird seit Neuestem das interdisziplinäre Modul Entwurfskonzepte für Nachhaltiges Bauen angeboten. Neben den erforderlichen Informationen müssen wir aber auch die richtigen Werkzeuge vermitteln, um neue Ansätze wie das Bauen mit Rezyklaten effektiv umzusetzen.

Christian Hartz (CH) Dies als eigenständiges Thema zu unterrichten, reicht nicht. Das Thema der Ressourceneffizienz muss tief integriert in die gesamte Lehre mit aufgenommen werden. Im Bauingenieurwesen hat sich Effizienz zumeist über die reine Optimierung des Tragwerkes definiert, ohne dabei eine Diskussion der verwendeten Materialien anzustoßen, die Dauerhaftigkeit der Konstruktion mit einzubinden oder beispielsweise



1



2

das Thema der Redundanz zu betrachten. Um den Blick hier zu schärfen, wurde an der TU Dortmund eine Junior-Professur Ressourceneffizientes Bauen geschaffen. Der neue Lehrstuhl ist stark in der Lehre eingebunden und essenziell für die Ausrichtung der weiteren Forschungsthemen an der TU Dortmund.

Julian Lienhard (JL) Das nachhaltige Bauen ist sowohl in darauf spezialisierten Fachgebieten als auch in der allgemeinen Entwurfs- und Konstruktionslehre zu verankern. Konkret in Kassel bedeutet das, dass wir im Master eine eigene Vertiefungsrichtung Umweltbewusstes Planen und Bauen anbieten und ein neues Fachgebiet für nachhaltiges Bauen geschaffen wurde, um das Thema in Lehre und Forschung zu fokussieren. In der Tragwerkslehre lassen sich Nachhaltigkeitskriterien sehr gut veranschaulichen, wenn beispielsweise gezeigt wird, wie die Veränderung des statischen Systems

1, 2 Exkursion des ILEK zum Kompetenzzentrum Kreislaufwirtschaft der Firma Feess in Kirchheim/Teck

oder der Querschnittsform einen direkten Einfluss auf den Materialverbrauch hat. Wird die mögliche Materialersparnis durch eine direkte Hinzunahme von Datenbanken wie der Ökobau.dat über ihre Nachhaltigkeitsparameter visualisiert, so lassen sich heute sehr einfach ganzheitliche Betrachtungen als neue Selbstverständlichkeit in die Lehrbeispiele integrieren.

Und wie ist das mit den Praktikern, wie kann modernes Ressourcendenken dort vermittelt werden?

JL Im Büro handhaben wir es ähnlich wie in der Lehre: Wir probieren, die Bewertung der Nachhaltigkeitskriterien immer mehr als Selbstverständlichkeit in die frühen Entwurfsphasen zu integrieren. Das, was sich durch einen im Sinne des Materialaufwandes sinnvollen Tragwerksentwurf in frühen Leistungsphasen an CO₂-Äquivalenten einsparen lässt, kann in späteren Optimierungen kaum noch erreicht werden. Interessanterweise hilft die Nachhaltigkeitsbetrachtung den Tragwerksplanerinnen und -planern sehr dabei, ihren Vorschlägen Gehör zu verschaffen.

LB Bei Werner Sobek zielen wir auf eine möglichst wirksame Reduzierung der CO₂-Emissionen durch einen entsprechenden Tragwerksentwurf. Darüber hinaus analysieren wir standardmäßig Material- und Fertigungsansätze aus Sicht der Ressourceneffizienz. Im besten Fall gelingt es uns in Abstimmung mit dem Bauherrn, bestimmte Fertigungsdetails vorzuschreiben, wie beispielsweise eine Zementherstellung auf Basis von nicht-fossilen Energieträgern.

Wo liegen die weiteren Forschungsschwerpunkte für das nachhaltige Bauen von morgen?

LB Wir müssen erst verstehen, was genau geändert werden muss – und wie dies am effektivsten erfolgen kann. Die Baubranche steht vor sehr großen Herausforderungen. Wir brauchen mehr Innovationskraft und weniger Fragmentierung. Branchen wie der Maschinen- und der Flugzeugbau haben bereits mithilfe von digitalen Werkzeugen und Methoden in Planung, Umsetzung und Rückbau sehr effektive Prozesse etabliert. Hiervon können wir viel lernen. Die Forschungsschwerpunkte für das nachhaltige Bauen von morgen liegen deshalb zum einen bei den Prozessen und Methoden, zum anderen bei den Möglichkeiten der modernen Fertigungs-, Steuerungs- und Modellierungstechnologie.

JL Das ist im Grunde richtig, doch allein mit den klassischen Forschungsansätzen des Optimierens von hochspezifischen Fragestellungen und dem Versuch, über die Digitalisierung Produktivität zu steigern und eventuell auch Ressourcenverbrauch zu senken, werden wir das notwendige Bauvolumen für eine Erdbevölkerung jenseits der 8 Milliarden bei gleichzeitiger Einhaltung

der Klimaziele nicht schaffen können. Auf der notwendigen Suche nach neuen Bauweisen und Werkstoffen kann ein unvoreingenommener, experimenteller Ansatz, wie wir ihn heute an vielen Architekturschulen in der forschenden Lehre sehen, ein wichtiger Einstieg sein, um tatsächliche Quantensprünge aufzudecken, auf die unsere Branche zu warten scheint.

Welche neuen Impulse für eine kreative Weiterentwicklung der Strukturprinzipien sehen Sie?

CH Das für mich wichtige Wort in der Frage ist das der Kreativität. Wie bereiten wir die Studierenden auf einen kreativen Arbeitsprozess vor – schöpferisch, künstlerisch, expressiv, innovativ zu arbeiten? Meiner Meinung nach müssen wir dazu die absoluten Grundlagen vermitteln, also Prinzipien und nicht die von den Normen vorgegebenen Kochrezepte, um eine wissensbasierte Kreativität zu ermöglichen.

LB Die Kreativität der Planenden – insbesondere im Fall von IngenieurInnen – soll durch das Arbeiten an disziplinübergreifenden und materialunabhängigen Entwürfen gefördert werden.

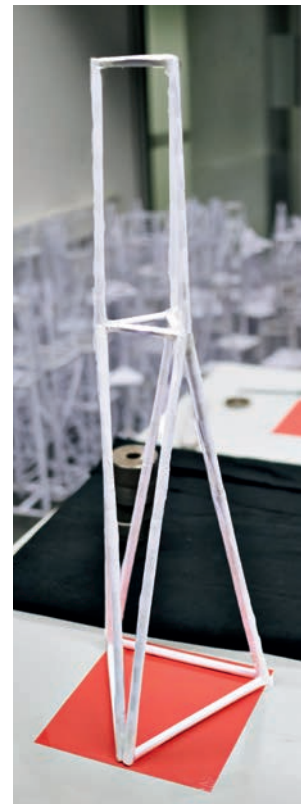
JL Hier vielleicht noch ein konkretes Beispiel: In der Tragwerkslehre des Grundstudiums habe ich bereits sehr früh neben den analogen Berechnungsansätzen und den experimentellen Modellen auch rechnergestützte Methoden eingeführt. Letztere helfen den Studierenden, eigene Tragwerksentwürfe zu verifizieren und direkt den Einfluss auf den Lastabtrag zu erkennen. Dies führt zu einem sehr kreativen und gleichzeitig fundierten Umgang mit den klassischen Tragwerkstypologien.

Was sind die Schlüsselkompetenzen, die BauingenieurInnen und ArchitektInnen heute und morgen haben müssen, um fit für den Arbeitsmarkt zu sein?

JL Die neue Komplexität im Planen steht in direktem Zusammenhang mit der Digitalisierung und neuen hybriden Tragwerksformen. Das fordert spezialisiertes Können. Gleichzeitig erfordert die Arbeit an gemeinsamen Informationsmodellen aber auch immer mehr interdisziplinäre Kommunikationsfähigkeit. BauingenieurInnen mit Schlüsselkompetenzen sind heutzutage wohl so etwas wie kommunikationsfähige SpezialistInnen.

LB Wir brauchen mehr integrales Denken und mehr Teamfähigkeit. Nur mit diesen Kernkompetenzen können Planungsteams in Zukunft gemeinsam die immer größer werdende Komplexität des Planens und Bauens beherrschen. Konsequente Digitalisierung ist ein Zeichen der Zeit.

Das bringt uns zum Thema Digitalisierung. Wie schaffen wir es in der Baubranche, eine durchgängige digi-



3

3 Tragkonstruktionen I – Konstruktion von Tragwerken – Windtest der Studierendenarbeiten