

Bundesingenieurkammer (Hrsg.)

Ingenieurbaukunst 2023

Made in Germany

- die besten aktuellen Projekte von Bauingenieur:innen aus Deutschland
- neue Entwicklungen beim Bauen mit und im Bestand auf Bauwerks-, Bauteil- und Baustoffebene
- inspiriert vom Symposium Ingenieurbaukunst – Design for Construction #IngD4C

Das Buch diskutiert das Planen und Bauen mit und im Bestand und zeigt wichtige aktuelle Bauwerke von Ingenieur:innen aus Deutschland. Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer werden hier die Leistungen des deutschen Bauingenieurwesens dokumentiert.



2022 · 224 Seiten · 130 Abbildungen

Softcover

ISBN 978-3-433-03385-2 € 39.90*

eBundle (Print + ePDF)

ISBN 978-3-433-03386-9 € 52.90*

ÜBER DAS BUCH

Die neue Ausgabe des Jahrbuchs „Ingenieurbaukunst“ zeigt wieder eine Auswahl der wichtigsten aktuellen Bauwerke „Made in Germany“ und diskutiert die Zukunft des Planens und Bauens. Herausgegeben von der Bundesingenieurkammer werden damit die Leistungen des deutschen Bauingenieurwesens dokumentiert. Aktuelle Bauwerke und Diskussionsthemen werden vom unabhängigen Beirat ausgewählt. Die beteiligten Ingenieur:innen beschreiben die bautechnischen Herausforderungen und erläutern die konkreten Lösungen bei Planung und Ausführung. Das Jahrbuch Ingenieurbaukunst 2023 ist eine Schaubühne der Spitzenleistungen des Bauingenieurwesens und ein Forum für aktuelle Debatten rund um das Planen und Bauen, diesmal insbesondere zum Bauen mit und im Bestand vom Bauwerk über die Bauteilebene bis zu den Baustoffen.

BESTELLUNG

Anzahl	ISBN /	Titel	Preis
	978-3-433-03385-2	Ingenieurbaukunst 2023 – Made in Germany	€ 39.90*
	978-3-433-03386-9	Ingenieurbaukunst 2023 – Made in Germany (Print + ePDF)	€ 52.90*

BESTELLEN

+49 (0)30 470 31-236

marketing@ernst-und-sohn.de

www.ernst-und-sohn.de/3385

* Der €-Preis gilt ausschließlich für Deutschland, inkl. MwSt.

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, Abteilung

UST-ID Nr.

Name, Vorname

Telefon

Fax

Straße, Nr.

PLZ/Ort/Land

E-Mail

Datum/Unterschrift

www.ernst-und-sohn.de/3385

INHALT

Vorwort

- 8 Mit dem Bestand die Zukunft neu erfinden
Reiner Nagel

Projekte

- 10 Verhüllte Ingenieurbaukunst –
L'Arc de Triomphe, Wrapped, in Paris
Mike Schlaich, Anne K. Burghartz
- 16 Industrielle modulare Konstruktion mit niedrigem
CO₂-Fußabdruck –
EDGE Suedkreuz Berlin
Martin Elze, Sabine Müller
- 24 Transformation eines denkmalgeschützten
Bürohochhauses zu einem Hotel –
Ruby Luna in Düsseldorf
*Daniel Pfanner, Alexander Heise, Frank Tarazi,
Andreas Dönhoff*
- 30 Adaptive Tragwerke und Fassaden für die gebaute
Welt von morgen –
Der D1244 in Stuttgart
Lucio Blandini, Hannah Schürmann
- 36 Querverschub neben laufendem Verkehr –
Der Ersatzneubau der Gumpenbachbrücke auf
der B 27
Benedikt Jordan, Caroline Heß, Svend Jung
- 44 German Engineering auf der EXPO 2020 in Dubai
*Knut Stockhusen, Andreas Schnubel, Stephan
Engelsmann, Wolfgang Keßling, Matthias Rudolph,
Matthias Schuler, Holger Hinz, Marc Gabriel*
- 52 Neues Wahrzeichen und Verbindung über
den Götakanal –
Arpeggio in Göteborg
*Peter Walser, Steen Savery Trojaborg, Thomas
Darholm, Magnus Kollén, Rico Stockmann*

- 60 Historie, modern fortgeschrieben –
Der Neubau des Rathauses Korbach
*Matthias Ernst, Marc Matzken, Reiner Grebe,
Harald Kurkowski*
- 68 Rettung einer Ikone –
Letzte Ausfahrt Kantgarage Berlin
Michael Kühl
- 76 Eine unverwechselbare Landmarke für die
Energiewende –
Der Energie- und Zukunftsspeicher in Heidelberg
*Knut Stockhusen, Mathias Widmayer,
Jörg Mühlberger*
- 82 Monolith im Dienst des Ortes –
Das Hotel Bergamo in Ludwigsburg
David Kasperek, Konrad Merz
- 88 Stadtplanung für eine zukunftsfähige Mobilität –
Kombilösung Karlsruhe
*Jürgen Herx, Christian Baehrecke, Erwin Georg
Hietsch*
- 94 Ressourcenschonende Revitalisierung –
Denkmalgerechte Sanierung des Hochhauses am
Plärrer in Nürnberg
Christian Männl, Alexander Hentschel
- 100 Energetische Sanierung –
Das Verwaltungsgebäude des Tierparks Berlin
Uwe Seiler, Ole Busch
- 108 Ein unterirdisches Brückenbauwerk mit ganz
besonderen Anforderungen –
Die S-Bahn-Querung im Stuttgarter Hauptbahnhof
Sonja Gepperth, Angelika Schmid
- 116 Rodeln unterm Schalendach –
Die modernisierte Rennschlittenbahn mit
Freiformüberdachung in Oberhof
Josef Trabert, Kilian Busch

124 Nachhaltig wiederbelebt –
Instandsetzung der denkmalgeschützten
Stampfbetonbrücke Illerbeuren
Rainer Böhme, Norbert Nieder

132 Der digitale Zwilling der Köhlbrandbrücke –
smartBRIDGE Hamburg
Niklas Schwarz, Marc Wenner, Oliver Hahn

138 Ein Meilenstein für die Wiederverwendung –
Das temporäre Stadion 974 in Doha
Knut Stockhusen, Christoph Paech

146 Eine reaktivierte Holzrippenschale –
Das Sonnensegel im Dortmunder Westfalenpark
Thorsten Helbig, Florian Gauss

154 Transformation eines Kaufhauses in ein modernes
Bürogebäude –
UP! Berlin
Christoph Gengnagel, Daniel Pfanner

Zukunft des Planens und Bauens

160 Blick aus dem Ausland:
Substanzerhalt von Bauwerken –
Ein Ingenieurbeitrag zur Nachhaltigkeit von
Tragwerksplanenden
Armand Fürst

166 Ganzheitliche Betrachtung von Gebäuden der
Nachkriegsmoderne –
Gebäudehülle und Tragwerk
Florian Mähl, Oliver Schwenke

170 Zirkuläres Planen und Bauen –
Konzept für ein generatives Entwurfswerkzeug
auf Basis anthropogener Materiallager
*Patrick Teuffel, Alexandra Quint, Patrick Bergmann,
Dirk Wagener, Jeroen Meissner*

174 Urban Mining –
Potenziale für Umwelt- und Ressourcenschutz
Clemens Mostert, Anja Rosen

180 Ganzheitlich sinnhaft Bauen –
Perspektive einer jungen Generation von
Tragwerksplanenden
Jana Nowak, Philip Kalkbrenner, Simon Madlener

184 Zur Gestaltung der Ingenieurbauten oder
Die Baukunst ist unteilbar
Jörg Schlaich

192 Jörg Schlaich – Kaleidoskop
Knut Stockhusen und das Team von sbp

200 Jörg Schlaich – Ingenieurbaukunst
Annette Bögle, Thorsten Helbig, Harald Kloft

Anhang

206 Weitere Projekte

210 Autoren

216 Wie bauen wir zirkulär?
3. Symposium Ingenieurbaukunst –
Design for Construction

MIT DEM BESTAND DIE ZUKUNFT NEU ERFINDEN

Baukultur ist das Ergebnis qualifizierten Gestaltens, Planens und Bauens. Dabei geht es um die gesellschaftliche Verantwortung für die Funktion, die Haltbarkeit und das Aussehen unserer gebauten Umwelt. Architektur und Ingenieurbaukunst sind hierfür zentral. Baukultur ist aber zunehmend auch die Handlungsebene für strukturpolitische Ziele in Städten und Gemeinden. Wenn die sogenannten weichen Standortfaktoren oder der „Bilbao-Effekt“ zitiert werden, reden wir in Wirklichkeit über die programmatische Möglichkeit des Bauens zur Aufwertung und Verschönerung der Stadt und ihrer öffentlichen Räume. Fünfzig Jahre nachdem der Club of Rome die Grenzen des Wachstums aufgezeigt hat, rückt nun als dritte Bedeutungsebene der Baukultur deren Klimarelevanz in den Vordergrund. Die Bilanzierung der Emissionen eines Bauwerks von der Herstellung der Baustoffe über deren Transport, Verbau, Nutzung und Rückbau wird zur zentralen Projekt-Kennziffer. Die Dringlichkeit, hier angesichts des unumkehrbaren Klimawandels schnell zu handeln, betrifft uns alle und macht uns in unserer täglichen Praxis häufig ratlos. Was können und sollen wir tun?

Positiv stimmen die weltweiten Anstrengungen, bis 2050 klimaneutrale Energie zu erzeugen und zu nutzen. Bis dahin haben wir in Verbindung mit dem heutigen Energiemix vor allem ein Emissionsproblem. In den kommenden Dekaden müssen wir deshalb möglichst sparsam mit dem uns noch verbleibenden Emissionsbudget umgehen.

Ingenieure und Ingenieurinnen sind diejenigen, die für erkannte Probleme Lösungen finden. Bezogen auf die aktuellen Herausforderungen geht es diesmal um viel, nämlich darum, die Zukunft neu zu erfinden. Bei Wikipedia heißt es zum Wortsinn von Erfinden: „Eine Erfindung ist eine schöpferische Leistung, durch die eine neue Problemlösung, also die Erreichung eines neuen Zieles mit bekannten Mitteln oder eines bekannten Zieles mit neuen Mitteln ermöglicht wird.“ Klimaverträgliche Ingenieurbaukunst ist eine Herausforderung, bei der wir beide Wege gehen müssen, eingefahrene und neue. Ein guter Lehrmeister bei der Frage, wie das gelingen kann, ist die Baugeschichte. Durch material- und kostensparende Konstruktionen sind in der Baukunst

die wesentlichen Fortschritte erzielt worden. Die Vorteile von Gewölbekonstruktionen beispielsweise kennen wir schon seit der vorchristlichen Zeit und sie sind derzeit Vorbild für intensiv beforschte, materialsparende Schalendeckenkonstruktionen. Damals wie heute beflügelt die Vorgabe von ambitionierten Zielen bei begrenzten Ressourcen die Kreativität.

Schon aus dem gesellschaftlichen Eigeninteresse, für diese aussichtsreichen Langfristperspektiven Zeit zu gewinnen, müssen wir sofort handeln und als Vorzeichen vor die Klammerrechnung minimierender Emissionsbilanzen den Bestand ziehen – ihn ertüchtigen, weiternutzen und umbauen. Das führt auch zu einer stabilen Auslastung von Planungsbüros und der Bauwirtschaft. Zwei Drittel der Bauleistungen werden derzeit deutschlandweit in den Bestand und dessen Sanierung, Umbau oder Erweiterung investiert, mit zunehmender Tendenz. Und das bei einer Bestandsbilanz, die beeindruckend ist. Auf jeden Bundesbürger kommen heute rund 360 Tonnen verbautes Material in Gebäuden und Infrastrukturen. Die Hälfte davon sind spezifische Ingenieurbauwerke, also Brücken, Tunnel, Uferwände, Sperrwerke, Klärwerke und vieles andere mehr. Das entspricht dem Gewicht zweier Jumbojets oder eines vollbesetzten ICE, wohlgemerkt pro Einwohner! An diesem Bild wird die Größe der Aufgabe, aber auch die Verantwortung für die bestehende gebaute Umwelt deutlich. Denn Bestandsarchitekturen und -infrastrukturen binden nicht nur Unterhaltungslasten. Sie sind vor allem kulturell bedeutend und verfügen über soziale, ökologische und ökonomische Werte, in denen der Schlüssel für eine zukunftsweisende Baukultur liegt.

Hier sind Ingenieurinnen und Ingenieure in besonderer Weise gefragt. Sie werden von der Bauherrschaft als Erste – schon in der Phase Null – gefragt: „Was tun?“ Frühzeitig wird über den Wert eines Bestandsbauwerks und dessen Restlebensdauer entschieden. Standardisierte Bewertungsgrundlagen und Risikoabschätzungen führen häufig zu Abriss und Ersatzneubau. Umfassende Ingenieurleistung, die messtechnische Methoden einsetzt, anstatt schlicht vorgegebenen Berechnungen zu folgen, kann bauliche Werte sichern und in die Zukunft tragen.

Damit verbunden ist die Verantwortung, auf bestehende und mögliche Probleme lösungsorientiert zuzugehen und gleichzeitig den Weg zu einem integralen Erneuerungsansatz aufzuzeigen. Wer hier nicht nur sachlich den Bestand bewertet, sondern im Idealfall auch eine Option für dessen Instandsetzung oder intelligente Weiternutzung anbietet, kann den entscheidenden Impuls für dessen Erhalt liefern. Kluge Planungen, Materialwissen und unkonventionelle Ansätze sind gefragt, um für jede Situation eine angemessene Antwort zu finden. Technisches Know-how und bauhistorische Kenntnisse müssen kombiniert, alte und neue Konstruktionen zusammen gedacht und gemeinsam weiterentwickelt werden. Ingenieure können Initiatoren interdisziplinärer Teams sein, die ein historisches, prägendes oder erhaltensfähiges Bauwerk ganzheitlich erneuern, verbessern und möglichst verschönern.

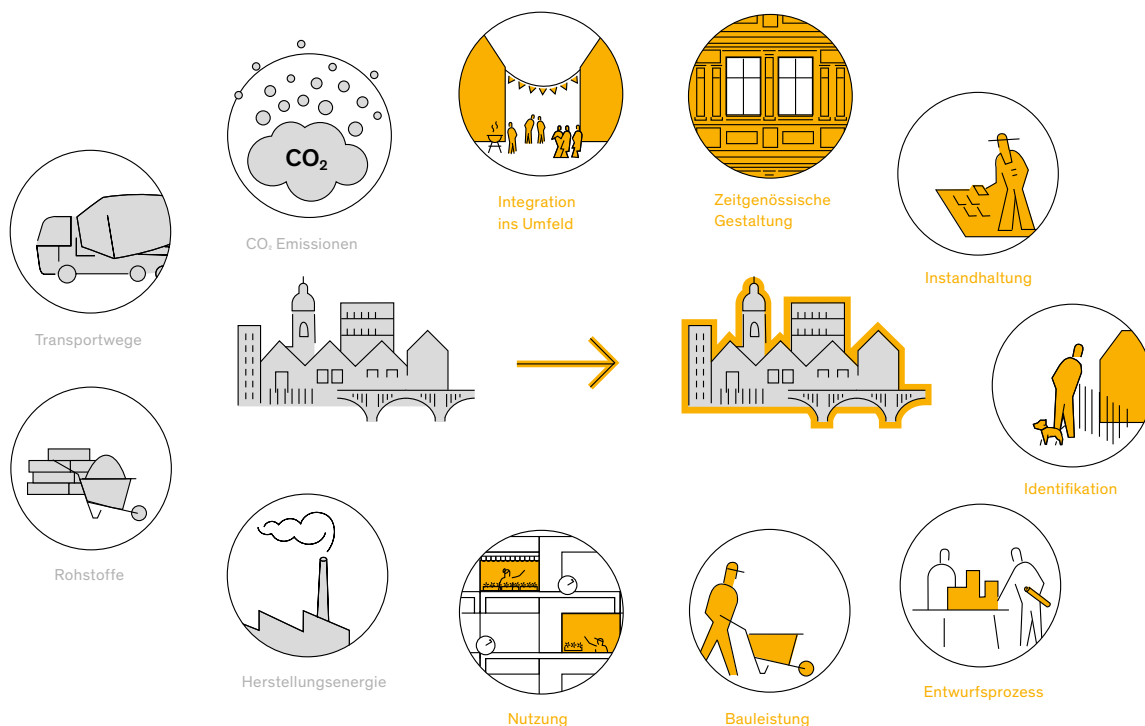
Eine wesentliche Herausforderung liegt tatsächlich in der hochwertigen Gestaltung des umzubauenden Bestands. Zu dieser wichtigen Aufgabe, die in den Leistungsbildern der Honorarordnungen von Architekten und Ingenieuren gar nicht explizit genannt wird, aber dennoch elementar ist, müssen sich beide Berufsgrup-

pen verpflichtet sehen. Auch die Ingenieure. Von dem zu früh verstorbenen *Helmut Jahn* stammt der Satz: „Der gute Ingenieur denkt immer an die ästhetischen Konsequenzen seiner Entscheidungen, während der gute Architekt immer auch an die technischen Konsequenzen der Formen denkt, die er schafft.“ Hier treffen sich die baukulturschaffenden Ingenieurdisziplinen.

Wenn es uns auf diese Weise gelingt, gemeinsam eine neue Umbaukultur zu etablieren, haben wir die große Chance, direkt klimaschädlichen Ressourcen- und Flächenverbrauch zu reduzieren. Und wir können dazu beitragen, die Moderne zu Ende zu führen, wo sie in Architektur und Ingenieurwesen bisher Fragen und Wünsche offengelassen hat.

Die in diesem Jahrbuch dargestellten Beispiele zeigen auf, wie es gehen kann, und markieren den beginnenden Paradigmenwechsel – hin zu einer neuen Umbaukultur, bei der die kreativen und innovativen Leistungen der Ingenieure und Ingenieurinnen identitätsstiftende Bauwerke hervorbringen.

Reiner Nagel



Von der grauen zur „goldenen Energie“. Durch Bestandserhalt können nicht nur materielle, sondern auch immaterielle Werte bewahrt und weiterentwickelt werden.

© Bundesstiftung Baukultur, Design: Heilmann + Schwantes

VERHÜLLTE INGENIEURBAUKUNST

L'Arc de Triomphe, Wrapped, in Paris







umgesetzt werden. Dafür musste die markante Silhouette des berühmten Bauwerks leicht angepasst werden, ohne die Proportionen zu verändern. Eine Unterkonstruktion aus Stahlfachwerken und einem Ring aus vorgespannten Seilen war die Lösung (Bild 1).

Die Unterkonstruktion

Insgesamt 25.000 Quadratmeter Stoff wurden für die Verhüllung des Triumphbogens fixiert. Der Arc de Triomphe steht auf einer Anhöhe im Kreuzungspunkt von sechs breiten Straßen und ist somit dem Wind von allen Seiten ausgesetzt. Die von *Christo* vorgesehenen roten Seile allein reichten für eine zuverlässige Fixierung dieser Stoffmenge nicht aus. Für die Sicherung der hohen Soglasten im Stoff musste eine Unterkonstruktion am Bauwerk installiert werden. Während zu Beginn der Planungsphase ein Komplettgerüst aus Stahl vorgesehen war, wurde parallel an einem Konzept einer reduzierten Konstruktion aus Stahlspannen und Seilen gearbeitet. Sowohl die Verzerrung der Proportionen des Bauwerks durch eine vorgesetzte Gerüstebene als auch die große Anzahl der erforderlichen Bohrungen zur Befestigung sprachen gegen das Fassadengerüst. Am Ende setzte sich das reduzierte Konzept aus einzelnen, auf den Bedarf optimierten Tragwerkskomponenten durch: ein Trägerrost auf dem Dach, Stahlspannen an den Gesimsen, Stahlstützen unterhalb des großen Gesimses, Bogenfachwerke, Statuenkäfige und eine Ballastierung am Fuß des Bauwerks (Bild 2).

Seiten 10/11
Der Arc de Triomphe verhüllt

1 Seitenansicht und Draufsicht auf das 3D-Modell mit Seilunterkonstruktion

2 Die fertiggestellte Unterkonstruktion

1

Im September 2021 wurde der Pariser Triumphbogen für zwei Wochen in einen blau-silber schimmernden Stoff gehüllt. Es war *Christos* und *Jeanne-Claudes* vorerst letzte Kunstinstallation, die posthum nach den genauen Vorstellungen des Künstlerpaares realisiert wurde. Das ausgeklügelte Tragwerkskonzept unter dem Stoff ermöglichte die exakte Umsetzung des Kunstwerks getreu *Christos* Zeichnungen. Sowohl die Beanspruchungen durch die Windlasten als auch die Anforderungen des Denkmalschutzes spielten dabei eine wichtige Rolle.

Gesamtkonzept

1961 hatten *Christo* und *Jeanne-Claude* ihre erste Idee zur Verhüllung des Arc de Triomphe in Paris. 60 Jahre später wurde diese schließlich Realität – vom 18. September 2021 bis zum 3. Oktober 2021 verschwand der Arc de Triomphe unter den blau-silbernen Stoffbahnen. Dicke rote Seile umschnürten das verhüllte Bauwerk wie ein Paket. Nach der erfolgreichen Zusammenarbeit mit *Christo* an der „London Mastaba“ auf dem Serpentine Lake in London im Sommer 2018 und der bereits seit 2012 andauernden Kooperation bei der Realisierung der Mastaba in Abu Dhabi entwickelte schlaich bergemann partner für das berühmte Pariser Monument das Tragwerkskonzept. Zum einen mussten der Verhüllungsstoff und die roten Seile der Installation am Arc de Triomphe befestigt und gegen Windlasten gesichert werden, zum anderen sollten die künstlerischen Vorgaben aus den Zeichnungen möglichst genau



2



© Christo and Jeanne-Claude Foundation

3

Tragwerkskomponenten

Vor den Statuen, Gesimsen und Ornamenten wurden Stahlfachwerkstrukturen installiert, um das Wahrzeichen zu schützen und die Form des Bauwerks während der Verhüllung unter dem Stoff anzudeuten (Bild 3).

Auf dem für Besucher zugänglichen Dach wurde ein Trägerrost aus Kragträgern installiert, von denen der Stoff abgehängt werden konnte und an dem sich im späteren Verlauf die Industriekletter:innen, welche die Stoffbahnen begleiteten, sichern konnten. Der Trägerrost wurde dabei lediglich über sein eigenes Gewicht und zusätzliche Ballastierung gesichert. Für das Herablassen der Stoffbahnen mit ihrem gesamten Gewicht wurden auf der für Besucher begehbaren Dachfläche auskragende Arbeitsplattformen aus Stahlträgern installiert. Von diesen Plattformen wurden dann die über 50 Meter langen und 10 Meter breiten Stoffbahnen

heruntergelassen. Die Dachterrasse blieb sowohl während der Bauphase als auch während der Verhüllung für Besucher zugänglich.

Unterhalb des großen Gesimses – in einem Bereich, in dem aufgrund der reichen Fassadenverzierungen keine direkte Befestigung des Stoffes an der Fassade möglich war – wurde ein Ring aus hoch vorgespannten Litzen installiert, wie man sie aus der Spannbetontechnologie kennt. Acht Litzen in zwei Bündeln wurden wie ein Gürtel um das Bauwerk gelegt und gespannt. Die Seile wurden lediglich an den Bauwerksecken an Stahlwinkeln befestigt, vorgespannt und über Holzboxen mit variierender Höhe umgelenkt. So wurde eine parabelförmige Krümmung des Seils und damit eine größere Steifigkeit erreicht. An den Stellen, wo sich die roten Seile über dem Stoff kreuzten, wurde durch eine Art Knopfloch im Stoff der Knotenpunkt auf die dahinter liegenden Stahllitzen rückverankert. Dadurch blieben die Proportionen unter dem Stoff unverändert und der

3 Aufbau der Stahlfachwerk-
konstruktion vor den Statuen

RETTUNG EINER IKONE

Letzte Ausfahrt Kantgarage Berlin







Das Gebäude erstreckt sich mit einer Länge von rund 60 Metern von der Kantstraße im Norden bis zu den Gleisen der Stadtbahn im Süden. Die Einfahrt erfolgt von der Kantstraße und die Zufahrt zu den Obergeschossen über die doppelgängige Wendelrampe.

Es wurde 1930 zunächst mit vier Obergeschossen errichtet, das stützenfreie 5. OG wurde 1935 ergänzt. Neben der Parkmöglichkeit wurden auch alle Dienstleistungen rund um das Auto angeboten, so auch Tankstelle und Waschanlage.

Seiten 68/69
Fahrgasse mit Blick auf die neue Südfassade und die sanierten Parkboxen

1 Straßenansicht 1930

2 Schaubild Gesamtanlage mit Rampe (DBZ 1931, Urheber unbekannt)

Konstruktion

Das Gebäude ist ein Stahlbetonskelettbau mit 10 Zentimeter dicken einachsigen gespannten Durchlaufdecken sowie Haupt- und Nebenträgern. Das Gebäude ist flach auf Einzel- und Streifenfundamenten gegründet. Haupttraglelemente im 5. OG sind die Stahlbetonrahmen mit einer Stützweite von 20,57 Metern. Es handelt sich dabei um Zweigelenrahmen mit Zugband.

Die Erschließung erfolgt über drei Stahlbetontreppenhäuser: Treppenhaus 1 im Norden an der Kantstraße, Treppenhaus 2 in der Gebäudemitte an der Rampe und Treppenhaus 3 an der Südfassade.

Abbruch oder Erhalt?

Seit 1930 waren die Kantgaragen ununterbrochen in Betrieb. Einem ersten Abbruchartrag 1991 wurde nicht stattgegeben, stattdessen wurden sie unter Denkmalschutz gestellt. 2013 wurde ein erneuter Abbruchartrag gestellt, dieses Mal jedoch mit einem Gutachten unterlegt, dass eine Sanierung und der Erhalt bzw. Weiterbetrieb aus wirtschaftlichen Gründen nicht darstellbar seien. Um einen langwierigen Gutachterstreit zu vermeiden, haben sich Eigentümer und Landesdenkmalamt auf eine „kollegiale Begutachtung“ verständigt:

1

Mit dem Siegeszug des Automobils zu Beginn des 20. Jahrhunderts entstanden weltweit Hochgaragen, von denen heute nur noch wenige erhalten sind. Der Kantgaragenpalast in Charlottenburg zählt weltweit zu den letzten verbliebenen Hochgaragen mit Doppelwendel. Er hat den Zweiten Weltkrieg nahezu schadlos überstanden und war über 90 Jahre unverändert in Betrieb. 2013 sollten die Garagen abgebrochen werden, doch führte der Widerstand der Denkmalschutzbehörden und einer engagierten Fachöffentlichkeit zu einem Eigentümerwechsel und letztlich zum Erhalt. Sie sind nun saniert und umgebaut und treten in eine neue Nutzungsphase.

Hochgaragen

In den 1920er-Jahren wurde die Zahl an Automobilen immer größer und mit dieser Entwicklung entstanden neue Bauaufgaben. Aufgrund der hohen Grundstückspreise in den Großstädten suchte man nach Möglichkeiten, den Flächenverbrauch durch Kraftfahrzeuge zu optimieren.

Zunächst entstanden in den USA und kurz darauf in Europa und auch in Deutschland die ersten Hochgaragen. Zwischen 1907 und 1931 waren es insgesamt 24, davon allein sechs in Berlin. Einige haben den Krieg überlebt und nur drei werden heute noch als Garage genutzt.

Entwurf und Gestaltung 1929

Begonnen wurde der Bau von den Architekten *Lohmüller, Korscheld* und *Richter* und später von *Richard Paulick* und *Hermann Zweigenthal* im Stil der Neuen Sachlichkeit fortgeführt.



2



© ifb

3

Der vom Eigentümer beauftragte Gutachter war dabei als „Aufsteller“ für die Vorbereitung, Durchführung und Bewertung der Untersuchungen verantwortlich und *Prof. Werner Lorenz* war ihm im Auftrag des Landesdenkmalamts als „Prüfingenieur“ der Denkmalpflege zur Seite gestellt. Im Ergebnis wurden die Schäden in Summe relativiert und dem Antrag nicht stattgegeben. Das Verfahren ruhte daraufhin zwei Jahre und führte schließlich 2016 zum Verkauf.

Umplanung 2017

Mit dem Eigentümerwechsel 2016 begann für die Kantgaragen ein neuer Abschnitt. Es galt, zum einen die Schäden an der Konstruktion zu sanieren und zum anderen das Gebäude für neue Nutzungen umzubauen und zu ertüchtigen.

Im Erdgeschoss ist eine öffentliche, gastronomische Nutzung im Sinne einer Markthalle vorgesehen. Die Obergeschosse sind als Galerie- und Büroflächen geplant. Es werden neue Aufzüge eingebaut und zur Sicherstellung der Fluchtwege die Treppenhäuser aufgestockt.

Maßnahmen im Dach (5. und 6. OG)

Um aufwendige Verstärkungen bis in die Gründung zu vermeiden, sollten die Lastreserven des Gebäudes ge-

nutzt werden. 1930 sind sechs Obergeschosse geplant worden, ausgeführt wurden jedoch nur vier. Das ergänzte 5. OG belastet nur die Außenstützen. Daher hatten die Innenstützen Achse B und C Reserven, die durch Zusatzstützen im 5. OG in Achse B und C ausgeschöpft wurden (Bild 6).

Der Neubau der Dachflächen erfolgte mit Spannbeton-Hohldielen. Die Elemente wurden von Rahmen zu Rahmen mit einer maximalen Stützweite von 9,62 Metern verlegt (Bild 7). Beim Neubau der Technikbühne mussten diverse Anforderungen zusammengeführt werden. Zum einen waren die haustechnischen Anforderungen an den Flächenbedarf hoch und zum anderen sollte die Technikbühne von der Straße aus gesehen möglichst „unsichtbar“ sein (Bilder 8 und 12).

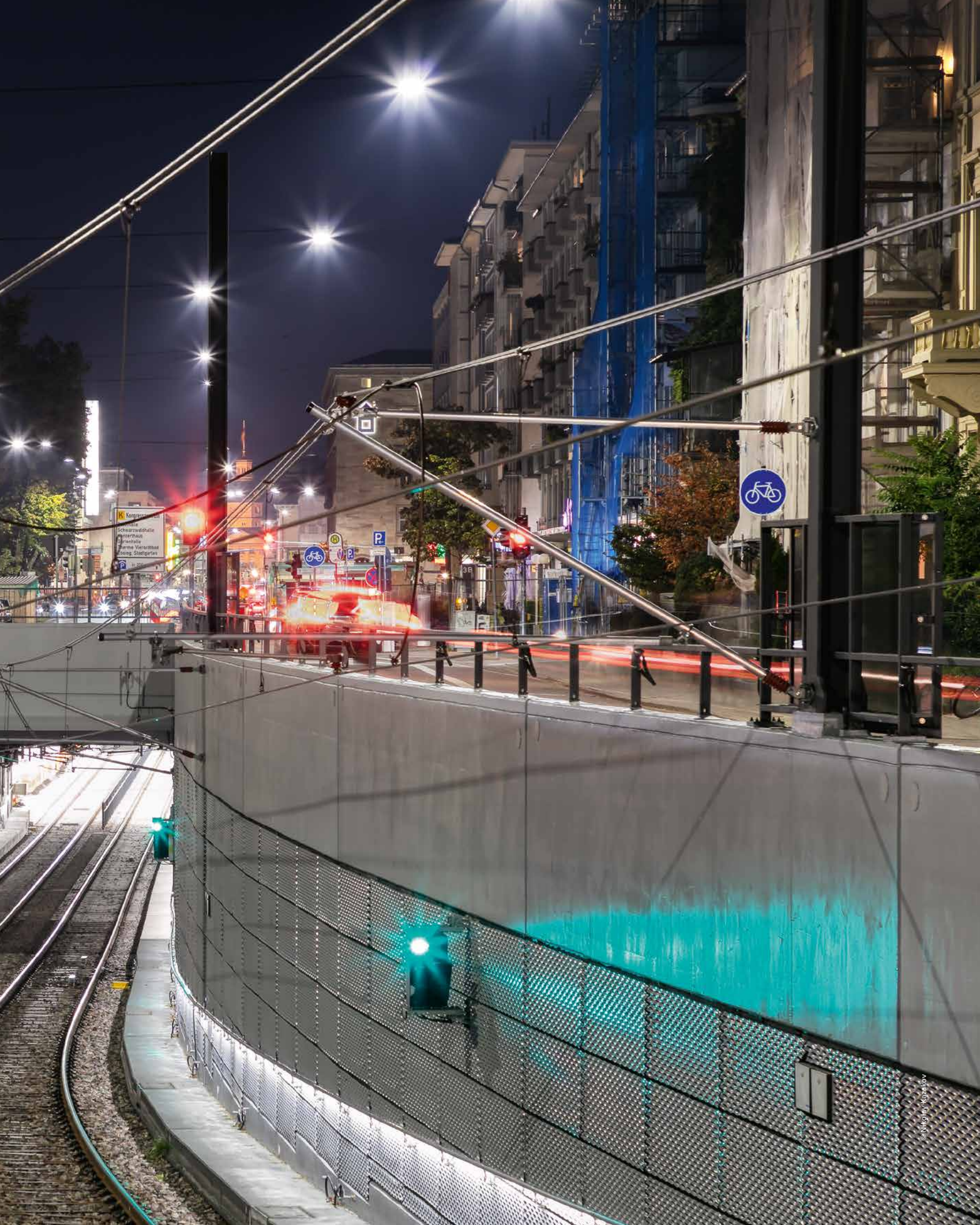
Oberhalb der Rampenanlage wird im 6. OG ein Penthouse neu errichtet. Die Konstruktion ist eine leichte Stahlkonstruktion mit Trapezblechdach in üblicher Bauweise.

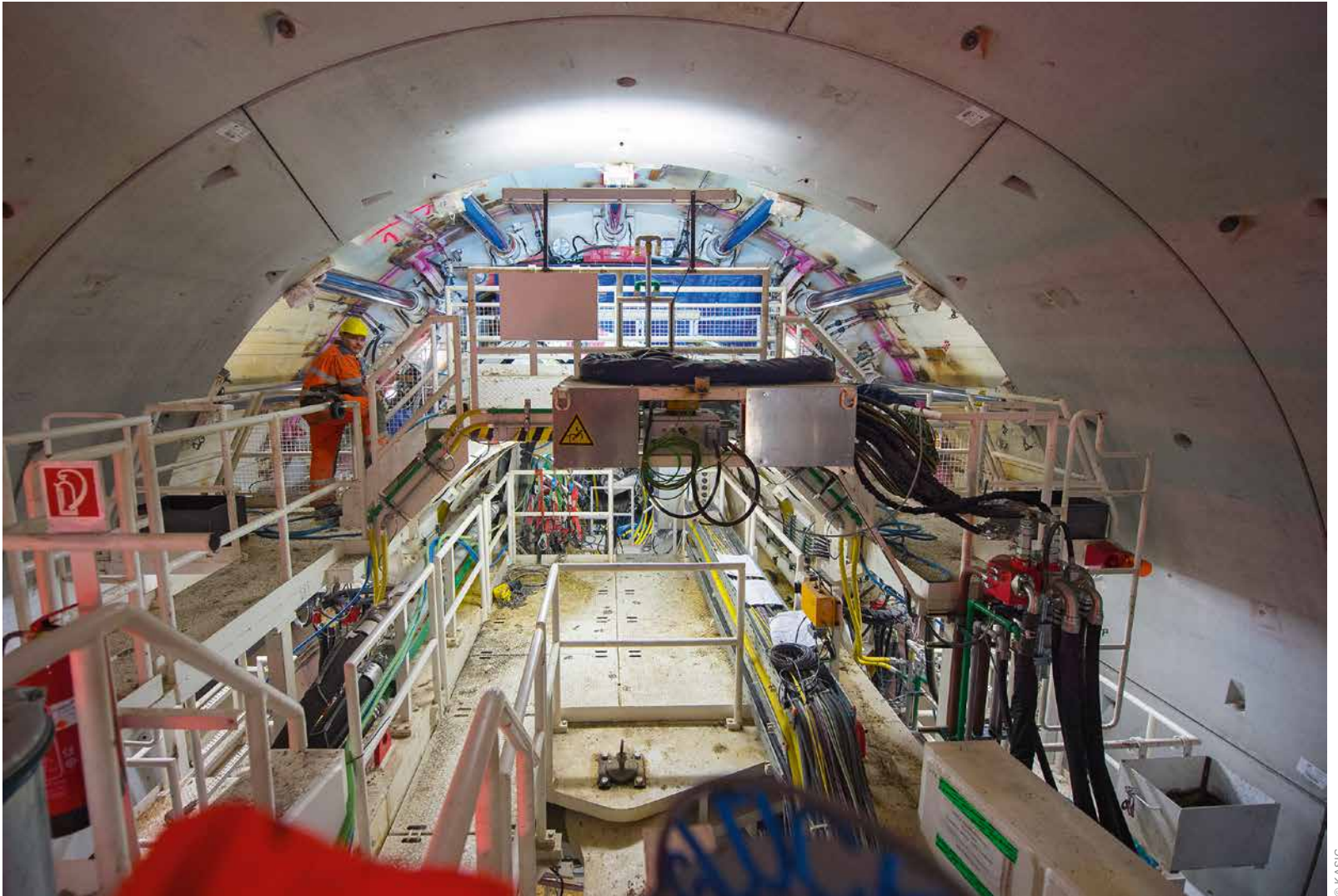
Herausfordernd war der Unterbau des Penthouse, also die neue Decke über dem 5. OG oberhalb der Rampenanlage. Die „Puzzle“-Aufgabe bestand darin, die neue Konstruktion so auszubilden, dass die Architektur umgesetzt wird und gleichzeitig die vorhandenen Lastreserven der Bestandsbauteile nicht überschritten werden. Gelöst wurde die Aufgabe mit einer rostartigen

3 Typisches Deckenfeld im 2. OG

STADTPLANUNG FÜR EINE ZUKUNFTSFÄHIGE MOBILITÄT Kombilösung Karlsruhe







© KASIG

1

Im Frühjahr 2008 begannen in der Karlsruher Innenstadt die Bauarbeiten zu einem Infrastrukturprojekt, das auf nicht weniger abzielte, als die Stadt fit für die mobile Zukunft zu machen und zugleich die Lebensqualität der Bewohner:innen zu erhöhen. Seit Dezember 2021 ist die Kombilösung Karlsruhe in Betrieb. Sie verlegte den bis zu diesem Zeitpunkt oberirdisch verlaufenden öffentlichen Schienenverkehr in den neuen Stadtbahntunnel und den motorisierten Durchgangsverkehr in den neuen Autotunnel unterhalb der Kriegsstraße.

Die Verlegung von Stadtbahnen und Straßenbahnen unter die Erde ist in Deutschland bisher einzigartig. Mit einem ressourcenschonenden und attraktiveren Nahverkehr sowie der Entlastung der Straßen entstand oberirdisch wertvoller Raum für Fußgänger:innen und Radfahrer:innen mit hoher Aufenthaltsqualität und der Möglichkeit, ungestört zu flanieren.

Das „Karlsruher Modell“

Im Jahr 1992 wurde in Karlsruhe eine Zweisystemstadtbahn eingeführt, die es den Schienenfahrzeugen ermög-

lichte, sowohl auf Stadtbahn-Systemen zu fahren als auch auf regionalen Eisenbahnstrecken. Das Übergangslose Umschalten zwischen Gleich- und Wechselstrom half dabei, die umliegenden Gemeinden und Städte mit dem Stadtzentrum zu verbinden und so den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) für die Bewohner:innen attraktiver zu machen. Durch die Bündelung von bis zu acht Linien in der Fußgängerzone stieß das System allerdings schnell an seine Kapazitätsgrenzen. Um die Anziehungskraft der Innenstadt aufrechtzuerhalten, zugleich das Kapazitätsproblem des Karlsruher Nahverkehrs zu lösen und sich fit für die Mobilität von morgen zu machen, entschied sich die Stadt Karlsruhe im Jahr 2002 – nach langer Diskussion und gestützt auf einen Bürgerentscheid – für die sogenannte Kombilösung. Diese umfasste den Bau eines 3,9 Kilometer langen Stadtbahntunnels und sieben neuer unterirdischer Haltestellen und verlegt so einen Teil des öffentlichen Schienenverkehrs im Stadtzentrum unter die Straße. Die Kaiserstraße als Haupteinkaufsstraße von Karlsruhe sowie der Marktplatz wurden auf diesem Weg zu einer Fußgängerzone ohne Schienen und Bahnen. Ebenso gehört zur Kombilösung ein Autotunnel unterhalb der Kriegsstraße. Er verlagert den motorisier-

Seiten 88/89

An drei Stellen gelangen die unterirdischen Streckengleise an die Oberfläche und schließen dort an das bestehende Netz an.

1 Mit der Tunnelvortriebsmaschine „Giulia“ wurde der gesamte Tunnelquerschnitt unter der Kaiserstraße in einem Arbeitsschritt hergestellt und insgesamt 6.144 Tübbinge verbaut.

ten Verkehr unter die Erde und ermöglichte somit oberirdisch eine attraktive Umgestaltung. Führen auf der Kriegsstraße bislang acht Straßenbahnlinien, so verlaufen seit der Inbetriebnahme der Kombilösung nun sechs dieser Linien im Tunnel. Für die an der Oberfläche fahrenden beiden Linien wurde eine neue begrünte Straßenbahntrasse mit drei neuen Haltestellen geschaffen, die sich unauffällig in das Stadtbild integriert.

Baugrubenkonstruktion und Bauablauf

Die sieben unterirdischen Haltestellen entstanden in Deckelbauweise. Aufgrund der exponierten Lage des Baufelds und der teils intensiven Nachbarbebauung reichten die Baugruben bis an die bestehende umgebende innerstädtische Bebauung heran. Sie lagen damit im direkten Einflussbereich der meist vier- bis fünfstöckigen Wohn- und Geschäftsgebäude. Somit war eine Rückverankerung der Baugrubenwände in den meisten Fällen nicht möglich. Um die hohen Belastungen der Verbauwände infolge von Erd- und Wasserdruck aufzunehmen, war eine Stützung am Kopf (Deckeleinspannung) und am Fuß (Sohle) erforderlich. Eine weitere Herausforderung bestand darin, den oberirdisch verlaufenden Stadt- und Straßenbahnverkehr während der Bauarbeiten weitestgehend aufrechtzuerhalten. Aus diesem Grund mussten die Deckelfelder in Teildeckel hergestellt werden. Hierzu wurde zunächst das Baufeld für den Teildeckel frei gemacht, die Schie-

neninfrastruktur sowie die Ver- und Entsorgungsinfrastruktur auf das nächste Deckelfeld verschwenkt und die Zugangssituationen sowie die Wegebeziehungen für Anlieger, Gewerbetreibende und Kunden angepasst. Dabei kamen unter anderem Stegkonstruktionen und mobile Brückenlösungen zum Einsatz. Aufgrund der engen innerstädtischen Bebauung mussten zudem die Fundamente einiger Gebäude gegen ein Absinken bzw. Abrutschen unterfangen werden. Dies wurde zumeist im Düsenstrahlverfahren realisiert.

Um sowohl Bauteilverformungen als auch Verformungen an den umgebenden Gebäuden feststellen zu können, wurde ein umfangreiches Monitoringsystem eingeführt. Hinzu kamen während der Aushubarbeiten unterhalb der Haltestellendeckel ein ebenso ausge-dehntes Grund- und Restwassermonitoring wie eine Überwachung der Aushubsohle und der Verbauwände auf Verformung und lokale Wasserzutritte. Die gesamten Daten wurden kontinuierlich ausgewertet und hinsichtlich ihrer Verträglichkeit für den weiteren Bauprozess bewertet.

Architektur und Licht

Die sieben Stationen liegen sehr nah beieinander. Um sie nicht nur mit den Schienen zu verbinden, sondern auch gestalterisch, sahen die Planungen von Beginn an ein möglichst einheitliches Design der U-Bahnhöfe vor.



2 Einbau der Bahnschwellen an der Haltestelle Durlacher Tor West und Aufbau des Raumgerüsts für den Trockenbau der Abhangdecke

SUBSTANZERHALT VON BAUWERKEN

Ein Ingenieurbeitrag zur Nachhaltigkeit von Tragwerksplanenden

Mit dem technologischen Fortschritt verändern sich die Anforderungen an unsere Infrastrukturbauten, woraus die Notwendigkeit resultiert, diese in gewissen Zeitabständen an die veränderten Bedürfnisse anzupassen. Oft, aber nicht immer kann die bestehende Bausubstanz erhalten werden, was sich in Bezug auf die Nachhaltigkeit positiv auswirkt, denn mit der Wiederverwendung der Bausubstanz bleibt auch die beim Bau aufgewendete Energie erhalten. Dies verringert neben der Schonung der natürlichen Ressourcen auch den CO₂-Ausstoss massgeblich und leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der definierten Klimaziele.

Bauten müssen künftig mit dem Ziel konzipiert werden, einen möglichst ressourcenschonenden Einsatz von Baumaterialien zu erreichen [1]. Es sind vorzugsweise Materialien zu verwenden, deren Klimabilanz vorteilhaft ist. Aus diesem Grund sind vermehrt Baukonzepte gefragt, die Baustoffe mit einem geringen Grad an Raffinierung verwenden und möglichst materialsparend sind. Dabei sind neu gestaltete Materialien wie beispielsweise anforderungsspezifisch optimierte Betonarten mit geringerem Klinkergehalt oder hochfeste Stähle genauso wie der Einsatz von Holz oder Naturstein von Interesse. Auch die sparsame Ressourcenverwendung rückt gegenüber der bisherigen Praxis wieder vermehrt in den Fokus. So sind auf die statischen Anforderungen optimierte und möglichst flexible Bauten in Bezug auf die Nutzung und die Nachrüstung anzustreben. Gerade im Hochbau eröffnet sich ein grosses Potenzial, wenn die Haustechnik wieder vermehrt konsequent von der Struktur getrennt wird, was einerseits Flexibilität in der Nutzung und der Erneuerung und andererseits wesentlich schlankere Tragelemente ermöglicht. Auch Schalentragsysteme für Dächer, die bezüglich des Materialaufwands äusserst effizient sind, dürften eine Renaissance erleben. Während bei Hochbauten die Veränderungen hauptsächlich durch die Haustechnik und den Energiehaushalt geprägt werden, resultieren veränderte Anforderungen an die Infrastrukturbauten vor allem aus der Entwicklung der Fahrzeuge und sind

meist geometrischer und statischer Natur. Aufwendige Anpassungen durch veränderte Nutzungsanforderungen sind dann auch an Kunstbauten notwendig und können in gewissen Fällen dazu führen, dass ein Bauwerk ersetzt werden muss. Letzteres sollte im Hinblick auf die Schonung der Ressourcen und auf die Verringerung des CO₂-Ausstosses mit höchster Sorgfalt überprüft und nach Möglichkeit vermieden werden. Deshalb sind neue Wege zu beschreiten, um statische und materialtechnologische Konzepte zu entwickeln, die eine möglichst umfassende Wiederverwendung der Bausubstanz gewährleisten. Dafür ist eine Sensibilisierung der Bauingenieurwelt durch entsprechende Ausbildung und Forschung in der Erhaltung von Bauwerken erforderlich, welche in den kommenden Jahren eine zunehmende Bedeutung haben muss.

Die Kunstbauten der Verkehrsinfrastruktur der Schweiz

Die Schweiz verfügt über eines der dichtesten Verkehrsinfrastrukturnetze der Welt. Der Wiederbeschaffungswert des Schienen- und des Strassennetzes beträgt rund 270 Mrd. CHF [2]. Für die Erneuerung fallen, dank dem guten Allgemeinzustand der Anlagen, jährliche Kosten von rund 2 % des Wiederbeschaffungswerts an. Bei einer Summe von 5,5 Mrd. CHF pro Jahr entspricht dies 0,8 % des Bruttoinlandsprodukts der Schweiz. Die Finanzierung des Erneuerungsbedarfs ist für die Schienen- bzw. für die Strasseninfrastruktur unterschiedlich. Während die Strasseninfrastruktur massgeblich verursachergerecht durch die Mittel aus dem Treibstoffzoll und den Mitteln der Mineralölsteuer und der Autobahnvignette unterhalten wird, stammen die Mittel für die Erneuerung der Bahninfrastruktur nur zu einem geringen Anteil aus den Benutzungsgebühren. Der weitaus grössere Anteil stammt aus den Steuereinnahmen. Durch die Topografie der Schweiz ist ein wesentlicher Anteil des Wiederbeschaffungswerts der Verkehrsinfrastruktur den Kunstbauten zugeordnet, womit ein beachtlicher Teil des Erneuerungsbedarfs für Brücken, Stützkonstruktionen und Tunnel anfällt.

Die beiden Verkehrsträger unterscheiden sich auch hinsichtlich des Alters der Kunstbauten wesentlich. Das Strassennetz war bereits vor der Motorisierung des Verkehrs gut ausgebaut, wurde jedoch durch die Entwicklung der Fahrzeuge einer starken Veränderung unterworfen. Diese manifestierte sich einerseits in einer Anpassung der Trassierung und der Strassenquerschnitte und andererseits in einem Ersatz der Kunstbauten in gewissen Zeitintervallen. Dies hat zur Konsequenz, dass die heutige Strasseninfrastruktur im Allgemeinen nicht besonders alt ist. Es gibt verhältnismässig wenige Kunstbauten mit einem Baujahr vor 1900, die den heutigen Anforderungen noch gerecht werden. Der Ersatz der meisten Bauwerke erfolgte sukzessive und nahm ab den 1950er-Jahren bedeutend zu. Mit dem Bau der Nationalstrassen ab jenem Zeitpunkt wurde die Strasseninfrastruktur wesentlich erweitert. Die Mehrheit der Kunstbauten und insbesondere der grösseren Brücken stammt aus der Zeit nach den 1950er-Jahren. Die Erhöhung der Lastbeschränkung von 28 auf 40 Tonnen Gesamtgewicht im Jahr 1999 zog in den letzten Jahren etliche Verstärkungsmassnahmen an zahlreichen Brückenbauten nach sich. In jüngster Zeit wird vermehrt diskutiert, die Lastbeschränkungen erneut anzuheben – mit den entsprechenden Konsequenzen für die Infrastruktur.

Im Unterschied zum Strassenbau erfolgte der Bau der Bahninfrastruktur ab Mitte des 19. Jahrhunderts für dampfbetriebene Fahrzeuge. Durch die für damalige Verhältnisse beachtliche Geschwindigkeit waren die Trassierung und damit auch die Kunstbauten grosszügig angelegt, was eine Weiternutzung der Strecken bis heute ermöglicht hat. Dank der Geometrie der Bahnfahrzeuge und der beibehaltenen Spurbreiten haben viele der Kunstbauten bis heute überdauert. Insbesondere die sehr robusten Steinbrücken von kleinen bis zu grossen Längen werden noch heute genutzt und umgebaut, während die leichten und filigranen Stahlbrücken durch die Zunahme der Lasten insbesondere auf Hauptstrecken Neubauten gewichen sind. Die Bauwerke der Bahninfrastruktur sind aus diesem Grund im Mittel wesentlich älter als jene der Strasseninfrastruktur. Die ältesten Bauwerke reichen bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurück.

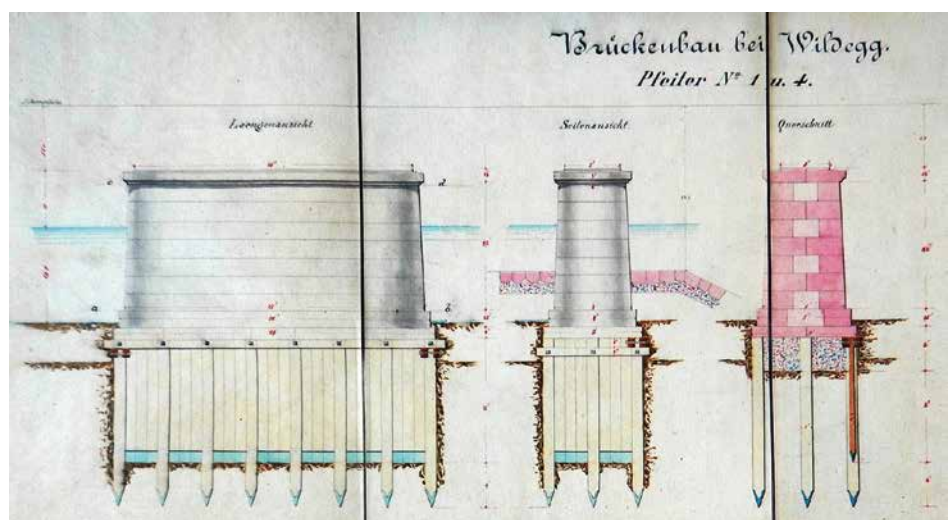
Aufgrund des beachtlichen Bauwerksbestands und der Tatsache, dass die Verkehrsnetze weitgehend fertiggestellt sind, kommt dem Erhalt der Bausubstanz eine grössere Bedeutung als dem Neubau zu. Innovative Ansätze sind deshalb in Bezug auf den Substanzerhalt von erheblicher Bedeutung.

Basis für innovative Lösungsansätze im Substanzerhalt

Neben der veränderten Nutzung sind bestehende Kunstbauten auch einer natürlichen Alterung ausgesetzt. Beide Aspekte bewirken, dass eine schadenfreie Nutzung nur mit laufender Instandhaltung und gegebenenfalls mit Ertüchtigung möglich ist. Bei der Planung der Massnahmen für den Substanzerhalt sind Kenntnisse über die vormals verwendeten Bau- und Materialisierungskonzepte, über allfällige Schadensmechanismen mit den möglichen Instandsetzungsmassnahmen sowie über die Veränderung der Nutzungsanforderungen unabdingbar. Diese Themen waren in den vergangenen Jahren Gegenstand von Lehre und Forschung und es wurden wesentliche Fortschritte dabei erzielt. Das Ziel einer möglichst nachhaltigen Bauwerkserhaltung stand dabei jedoch nicht im Fokus und wird erst seit wenigen Jahren vertiefter untersucht. Wie sich bei verschiedenen Projekten in letzter Zeit erkennen liess, ermöglichen innovative statische Lösungsansätze teils in Kombination mit neu entwickelten Materialien interessante Möglichkeiten für den nachhaltigen Erhalt der Bausubstanz. Bei geschickt gewählten Eingriffen in das statische System ist oft eine massgebliche Erhöhung des Tragwiderstands und der Robustheit möglich, ohne dass daraus ein hoher Materialaufwand und hohe Kosten resultieren müssen. Selbst der Erhalt von historischen Stahltragwerken ist in jüngster Vergangenheit bei durchdachtem Materialeinsatz und der Ausnutzung versteckter Reserven wieder in den Bereich des Möglichen gerückt.

Die zuverlässige Einschätzung des Tragverhaltens bestehender Tragwerke erfolgt stets unter Beachtung der

1 Aarebrücke in Wildegg aus dem Jahre 1864, Plan eines Brückenpfeilers



© Staatsarchiv des Kantons Aargau