TECHNISCHE UNIVERSITÄT
KAISERSLAUTERN

# 2020

## Konstruktiver Ingenieurbau

**Titelbild:**

**Bildquelle: istock.com/Syama9**

**Inhalt**


4 Strahlend warm – Hallenheizungen effizient gestalten

5 Wände aus Holz, die nicht brennen sollen!

6 Strahlende Zukunft

8 Ermüdungsanalyse automatisierter Hochregallager

9 Holz-Beton-Verbungddecken mit zweiachsigem Lastabtrag

10 Dicke Dinger

12 Smart Screed – Digitale Messung der Estrichfeuchte

14 SeRaMCo geht in die Endphase – Die ersten greifbaren Erfolge

18 Holzbetonverbundbauteile für die Modulbauweise

20 Weiterentwicklung der EnEV

21 Vorträge 2020

22 Basalt – Werkstoff der Superlative

24 Ermittlung der charakteristischen In-situ Betondruckfestigkeit

26 „Grenzenlose“ Schwingungen im Boden

27 Verformungsorientierte Bemessung von Verbundträgern

28 Ingenieurmodelle mit Impakt

30 METIS

31 Breitbandig tilgen

32 Bundestagsbericht zum Erdbebenrisiko

34 Hydrolysebeständigkeit von mineralischen Beschichtungen

36 Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser – Neues aus der Normung

38 RC-Frisch – Der etwas andere Roadtrip geht in die nächste Runde

40 Aus Alt mach Neu

42 In Wirklichkeit ist die Realität ganz anders

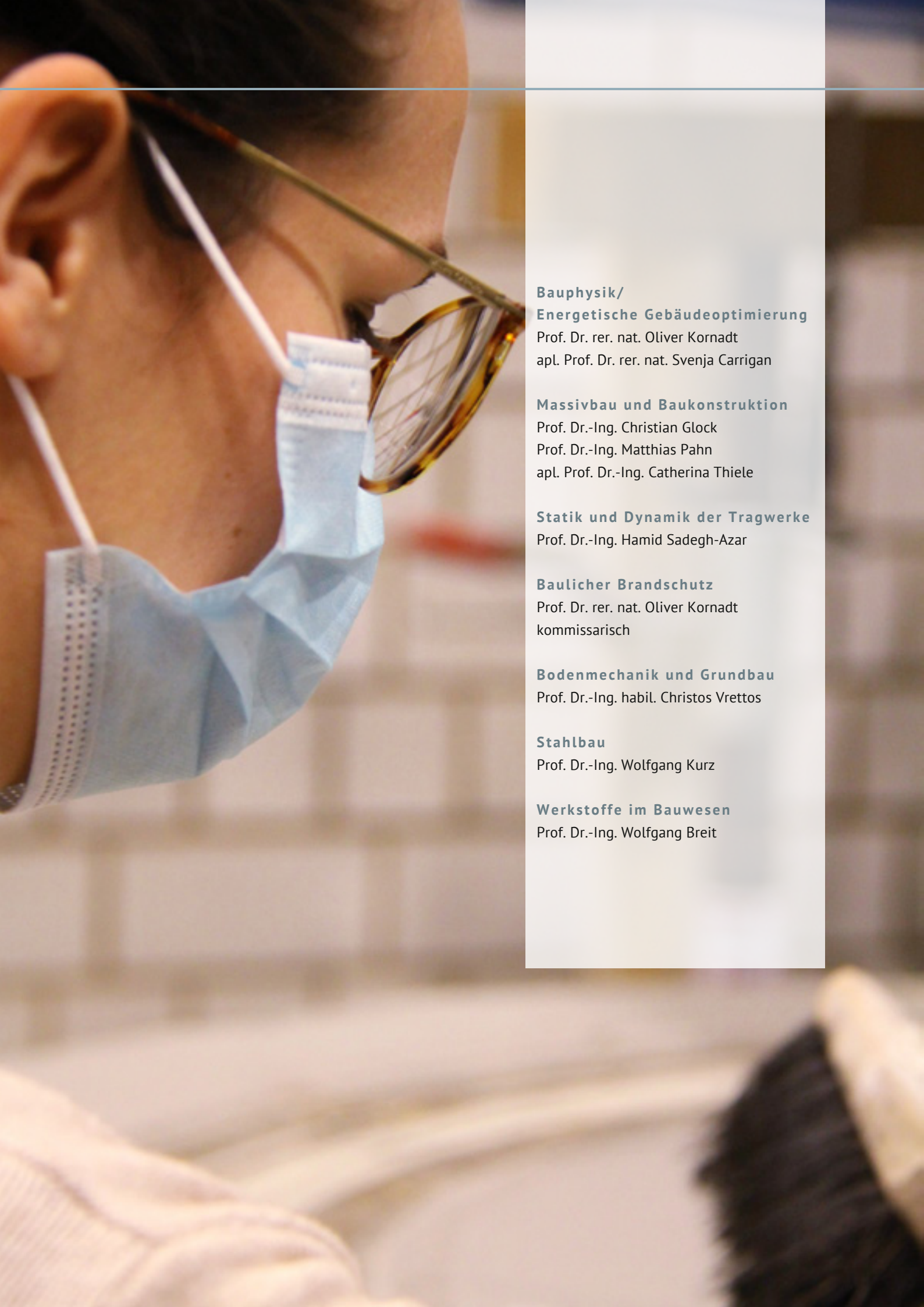
44 INSPIRE ITN: Erschütterungsschutz mittels Metamaterialien

44 Kurz berichtet...

50 Ehrendoktorwürde für Professor Schnell

51 Promotionen | Mitarbeiter...

53 Veröffentlichungen 2020



**Bauphysik/**
**Energetische Gebäudeoptimierung**
Prof. Dr. rer. nat. Oliver Kornadt
apl. Prof. Dr. rer. nat. Svenja Carrigan

**Massivbau und Baukonstruktion**
Prof. Dr.-Ing. Christian Glock
Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn
apl. Prof. Dr.-Ing. Catherina Thiele

**Statik und Dynamik der Tragwerke**
Prof. Dr.-Ing. Hamid Sadegh-Azar

**Baulicher Brandschutz**
Prof. Dr. rer. nat. Oliver Kornadt
kommissarisch

**Bodenmechanik und Grundbau**
Prof. Dr.-Ing. habil. Christos Vrettos

**Stahlbau**
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kurz

**Werkstoffe im Bauwesen**
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit

# Jahresbericht Konstruktiver Ingenieurbau 2020

Trotz Lock down, Minimalbetrieb und Wechsel zur digitalen Lehre berichten wir auch in diesem massiv durch Corona geprägten Jahr 2020 über die Arbeiten und Ereignisse im Konstruktiven Ingenieurbau an der Technischen Universität Kaiserslautern. Unser Jahresbericht ist wie in den Jahren zuvor keine vollständige Chronik. Er soll einen Eindruck von der Vielfältigkeit der Aufgaben in Forschung und Lehre ermöglichen und unser Engagement für beide gleich wichtigen Zweige des universitären Lebens aufzeigen.

Ein herausforderndes Jahr, sowohl im gesellschaftlichen als auch im universitären Alltag, liegt hinter uns. Vieles das in den vergangenen Jahren ganz selbstverständlich, fast unbeachtet ablief, wie die Lehrveranstaltungen, Praktika und Laborprüfungen im Rahmen der Forschung, erforderte 2020 viel Kreativität, Zeit, Abstimmung und Aufmerksamkeit, um den Lehrbetrieb und die Forschungsarbeit auch unter den gegebenen Randbedingungen fortführen zu können.

Während die Lehre im Sommersemester 2020 noch teilweise in Präsenz und ergänzend als Online-Vorlesung stattfinden konnte, waren im Wintersemester 2020/21 ausschließlich nur noch Online-Veranstaltungen und Videochats möglich. Der Campus ist leergefegt, so wie er sich sonst nicht einmal spätabends oder im Morgengrauen präsentiert. Leere Stühle in der leeren Mensa, geschlossene Sportanlagen, menschenleere Bibliotheken und Hörsäle, nur vereinzelt huschen Studierende über den Campus. Neue Herausforderungen sowohl für die Studierenden als auch für die Lehrenden im Miteinander im virtuellen Raum.

Die Arbeit in Laboren, Praktika oder ähnlichen Lehrformaten konnten nur im Ausnahmefall unter Einhaltung der geltenden Hygienerichtlinien aufrechterhalten werden. Darunter haben natürlich auch die laufenden Arbeiten an den Forschungsthemen gelitten und sie konnten nicht in dem Maße vorangetrieben werden, wie wir es sonst gewohnt waren. Die Förderer, wie DFG, AiF, etc. haben darauf reagiert, und schnell unkomplizierte Wege der Verlängerung angeboten.

Die Coronakrise hat uns im zurückliegenden Jahr jedoch auch vielfach bewiesen, dass ein Loslösen von gewohnten Dingen, die bislang als unverzichtbar und unumgänglich galten, möglich ist. Deshalb blicken wir mit diesen neuen Erfahrungen nach 2021 und werden sehen, wie sich universitäres Studieren und Arbeiten verändern wird und welche positiven Impulse diese Erfahrung möglicherweise auch für die Forschung geben kann.

Endlich wieder ein normales Leben führen – danach sehnen sich nach monatelangen Corona-Beschränkungen viele Menschen. Die Corona-Schutzimpfungen sollen die ersehnte Normalität zurückbringen – und das voraussichtlich schon bald. Alle Angehörigen des Konstruktiven Ingenieurbaus an der Technischen Universität Kaiserslautern wünschen sich den Tag herbei wo sich der Campus, die Hörsäle, die Labore und Büros an der Universität wieder mit dem üblichen Leben füllen. Die Einschränkungen des abgelaufenen Jahres haben uns gelehrt das früher Selbstverständliche wieder mit ganz anderen Augen zu sehen und so wird die Zusammenarbeit, der Austausch und die interkulturelle und interdisziplinäre Zusammenarbeit, die das universitäre Leben ausmacht, in Zukunft sicher eine besondere Wertschätzung erfahren und die Forschungsarbeit voranbringen.

Bis es soweit ist wünschen wir Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre dieses Jahresberichts 2020. Wir hoffen unseren Partnern und Förderern auf diesem Wege auch aus der Ferne verbunden zu bleiben und einen Eindruck über die Entwicklungen im vergangenen Jahr vermitteln zu können.

# Strahlend warm – Hallenheizungen effizient gestalten

Industriehallen stellen aufgrund ihrer Raumhöhen und großen Luftvolumina eine besondere Herausforderung in Sachen Beheizung dar. Gängige Lösungen für die Beheizung von Hallen sind Luftheizsysteme, Fußbodenheizung und Strahlungsheizung.

Neben dem Luftvolumen spielen auch hohe Luftwechsel und damit die starke Abkühlung der Raumluft durch große Hallentore, welche z. B. bei Anlieferung und Abholung geöffnet werden müssen, eine signifikante Rolle. Hier erweisen sich Strahlungsheizungen als sehr effizient, da die von Deckenstrahlern ausgesendete Wärmestrahlung direkt Nutzer und Flächen erwärmt und so ein Raumklima schafft, welches bei niedrigeren Raumlufttemperaturen im Vergleich zu Luftheizungen als behaglich empfunden wird. Bei Luftaustausch in der Halle geht so Luft verloren, welche weniger warm ist, was den Energiebedarf der Halle senkt. Gleichzeitig wird der Raum schnell wieder als behaglich empfunden, da die zuvor aufgeheizten Flächen die Wärme gespeichert und während des Luftaustauschs nicht komplett abgegeben haben.

*Quelle: KÜBLER GmbH Energiesparende Hallenheizungen*

Im KMU-innovativ Projekt „Personen fokussiertes, nachführendes Infrarotheizsystem mit Auslegungssoftware zur energieeffizienten und behaglichen Beheizung von Industriehallen – InfraEff“, welches vom Fachgebiet Bauphysik/Energetische Gebäudeoptimierung in Kooperation mit der Firma Kübler GmbH bearbeitet und vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird, werden Hallenheizsysteme mit Dunkelstrahlern erforscht. Diese Deckenstrahler emittieren hierbei ausschließlich Wärmestrahlung im Infrarotbereich. Zum einen wird untersucht, ob und wie eine Nachführung der Strahler bei sich bewegenden Personen die Heizsysteme effizienter gestalten kann. Außerdem werden neue Dunkelstrahler entwickelt, welche die Nutzung erneuerbarer Energien ermöglichen. Mit Hilfe von experimentellen Behaglichkeitsuntersuchungen und thermischen Gebäudesimulationsmodellen wird detailliert erforscht, welche Infrarotleistung an welchen Positionen im Raum benötigt wird, um die Effizienz des Heizsystems weiter zu steigern.

**Dunkelstrahler zeigt die lokal begrenzte Beheizung von Personen ohne signifikante Beheizung der Umgebung.**

Philipp Peifer | Catherina Thiele

# Wände aus Holz, die nicht brennen sollen!

Der Klimawandel gehört zu den größten Herausforderungen unserer Zeit. Das Ziel des Klimaschutzabkommens von Paris aus dem Jahr 2015 ist den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur bis 2100 auf 2 Grad Celsius zu beschränken. Gleichzeitig steigt der Bedarf an Wohnraum, vor allem in urbanen Regionen. Der Bausektor stellt dabei einen der rohstoffintensivsten Wirtschaftsbereiche Deutschlands dar und hat damit einen maßgeblichen Anteil an den $CO_2$ Emissionen. Der Baustoff Holz ist ein sogenannter Kohlenstoffspeicher. Er bindet $CO_2$ langfristig und kann somit einen großen Beitrag zur Erreichung der Klimaziele leisten. Weiterhin werden durch die Nutzung von Holz energieintensivere Baustoffe substituiert, wodurch ebenfalls ein positiver Effekt im Hinblick auf die Dekarbonisierung der Erde erzielt wird.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen Holz und mineralischen Baustoffen liegt darin, dass Holz ein normalentflammbarer Baustoff ist und sich deshalb aktiv am Brandgeschehen beteiligt. Um dem genannten Brandverhalten vorzubeugen müssen Konstruktionen aus Holz in der Regel mit einer Brandschutzbekleidung aus nichtbrennbaren Baustoffen versehen werden. Die Herstellung dieser ist sowohl kosten- als auch zeitintensiv. Die Kombination der Baustoffe Beton und Holz stellt eine Möglichkeit dar auf eine solche Brandschutzbekleidung verzichten zu können. Viele Eigenschaften durch die der Holzbau sich üblicherweise auszeichnet, wie beispielsweise kurze Bauzeiten, eine hohe Maßgenauigkeit, ein hoher Vorfertigungsgrad sowie sehr gute wärmedämmende Eigenschaften, können dabei gewahrt werden.

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung feuerwiderstandsfähiger Wandfertigteile in Holz-Beton-Verbundbauweise. Der Beton soll dabei hinsichtlich Zusammensetzung und Schichtdicke so optimiert werden, dass der Holzquerschnitt sich unter thermischer Belastung für eine definierte Dauer nicht am Brandgeschehen beteiligt. Dafür werden neben klein- und großmaßstäblichen Brandversuchen auch thermische Simulationen durchgeführt.

# Strahlende Zukunft

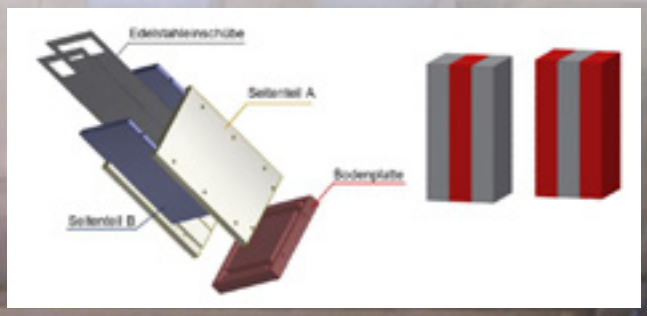
## Zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Zwischenlagern für radioaktiven Abfall

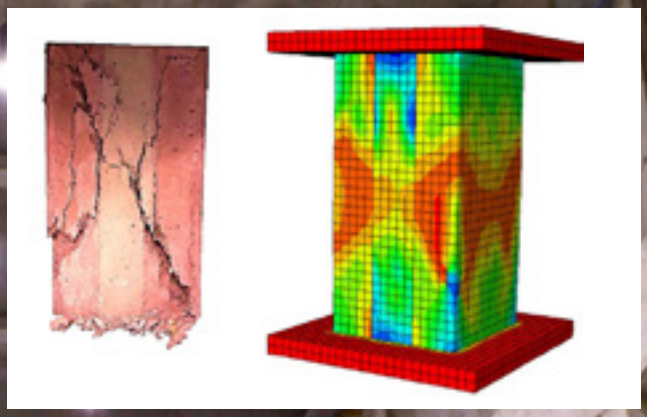
Die in Deutschland zwischen 2003 und 2007 errichteten Zwischenlager für wärmeentwickelnde, hochradioaktive Abfälle wurden mit einer Laufzeit von 40 Jahren genehmigt. Aufgrund der Verzögerungen im Zusammenhang mit betriebsbereiten Endlagern ist jedoch sowohl national als auch international von verlängerten Zwischenlagerzeiten auszugehen. Damit geht die Notwendigkeit einer technischen Bewertung der längerfristigen Sicherheit von Zwischenlagern über den Genehmigungszeitraum hinaus einher. In diesem Zusammenhang sind Alterungseffekte und Schädigungsmechanismen sowie deren Berücksichtigung bei Sicherheitsbewertungen hinsichtlich einer verlängerten Nutzungsdauer zu untersuchen.

Im Rahmen des vom BMWi geförderten Forschungsprojektes „Methodik zur zuverlässigkeitsorientierten Nachrechnung und Bewertung bestehender kerntechnischer Bauwerke mit verlängerter Nutzungsdauer“ werden gemeinsam mit der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) vorhandene Methoden und Werkzeuge für semi- und vollprobabilistische Bauwerksanalysen zusammengetragen und bewertet. Die Bewertung erfolgt hinsichtlich der Eignung das Langzeitverhalten der Lagergebäude mit Augenmerk auf Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit besser einschätzen zu können.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt der Untersuchungen besteht auch in der Berücksichtigung von Monitoringmaßnahmen, die den Bauwerkszustand kontinuierlich erfassen können. Die gewonnenen Informationen sollen zukünftig eine präzisere Bewertung des Bauwerkszustandes ermöglichen oder auftretende Veränderungen in der Struktur frühzeitig aufzeigen. Ziel ist es eine realitätsnähere Beschreibung der Zwischenlager zu ermöglichen, welche bei einer Bauwerksbewertung oder -nachrechnung berücksichtigt werden kann.

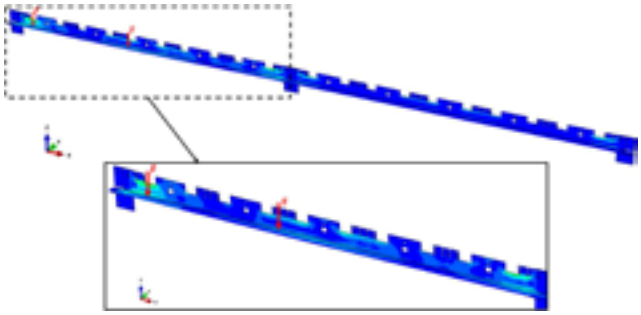
Ein weiterer Schwerpunkt dieses Projektes liegt in Untersuchungen zu den Besonderheiten großer Querschnitte. Da Zwischenlager Wandstärken von bis zu über 1 Meter aufweisen können, sind im Zuge des Lastabtrages Spannungsumlagerungen innerhalb des Querschnittes zu erwarten, welche eine zusätzliche „Sicherheitsreserve“ hinsichtlich der Bauteilzuverlässigkeit darstellen könnten. Zur Abschätzung inwieweit und in welcher Höhe solche Umlagerungseffekte zwischen Querschnittsbereichen unterschiedlicher Ausführungsqualität auftreten, wurden in unserem Labor für Konstruktiven Ingenieurbau Kleinteilversuche an prismen- und zylinderförmigen Probekörpern durchgeführt. Im Rahmen erster Tastversuche wurden zwei Betone unterschiedlicher Festigkeiten in mehreren Ausführungsvarianten kombiniert. Hierdurch sollten die innerhalb eines Querschnittes streuenden Festigkeitseigenschaften simuliert werden, wie sie im Besonderen bei massigen Bauteilen zu beobachten sind. Um die kombinierten Betone visuell unterscheiden zu können, wurde jeweils der Beton von geringerer Festigkeit mit roten Pigmenten eingefärbt (vgl. Abbildungen). In den durchgeführten Druckfestigkeitsprüfungen wurden Umlagerungseffekte zwischen den Bereichen unterschiedlicher Betonfestigkeiten beobachtet, welche sich bei allen untersuchten Geometrien und Betonfestigkeiten einstellten. Anhand aktuell laufender FE-Simulationen soll ein tiefergehendes Verständnis für dieses Phänomen abgeleitet werden.


Edelstahleinschübe
Seitenteil A
Bodenplatte
Seitenteil B



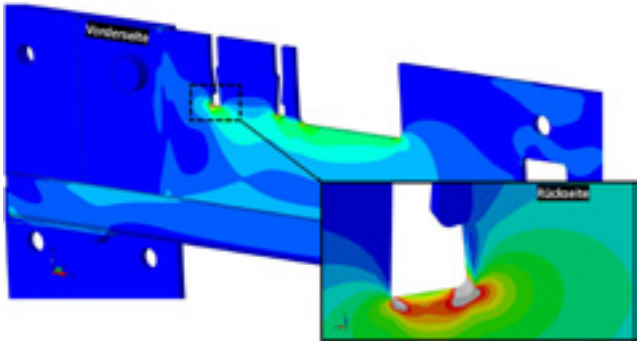
# Ermüdungsanalyse automatisierter Hochregallager

## Lebensdauerberechnung mittels Kerbdehnungskonzepts

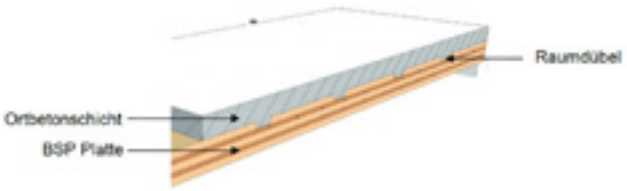


Die Entwicklung im Bereich von Regalkonstruktionen hin zu automatisierten Lager- und Logistiksystemen ist in vielen Branchen in vollem Gange. Dabei werden vermehrt Shuttle- und Bediensysteme verwendet, die die Regallager automatisiert Be- und Entladen können. Diese Shuttlesysteme bewegen sich hierbei nicht nur in der horizontalen Ebene im System, sondern können zusätzlich über Aufzüge zwischen den Ebenen wechseln und sind somit extrem flexibel. Diese Flexibilität hat aber auch zur Folge, dass sehr viele Shuttle in einem Regalsystem eingesetzt werden können. Durch diese Vielzahl an Überfahrten entsteht eine zyklische Belastung für das Regalsystem und insbesondere für die Fahrschiene, auf der die Shuttles sich von Regalplatz zu Regalplatz bewegen. Diese Schiene dient dabei nicht nur dem Shuttle, sondern ebenfalls zur Halterung der Regalfachböden zur Einlagerung der Ware.

Auf Grund der komplexen Geometrie der Fahrschiene liegt diese außerhalb des typischen Anwendungsbereiches des Eurocodes 3 Teil 1-9 für Stahlbauten. Die Fahrschiene, bestehend aus einem verzinkten, kaltumgeformten, dünnen Blech, welches zusätzlich mit vielen Stanzungen versehen ist, kann nicht mehr mit den im klassischen Stahlbau verwendeten Nachweismethoden bewertet werden. Abhilfe schafft dabei die Bewertung mithilfe örtlicher Ermüdungskonzepte, genauer dem Kerbdehnungskonzept. Dieses ist unter anderem in der „FKM-Richtlinie nichtlinear – Rechnerischer Festigkeitsnachweis unter expliziter Erfassung nichtlinearen Werkstoffverformungsverhaltens“ des Forschungskuratorium Maschinenbau reglementiert. Im Forschungsprojekt wird ein Nachweiskonzept für die Shuttle-Schiene mit Hilfe des Kerbdehnungskonzeptes entwickelt und über experimentelle Untersuchungen sowie FE-Simulationen verifiziert.



# Holz-Beton-Verbunddecken mit zweiachsigem Lastabtrag

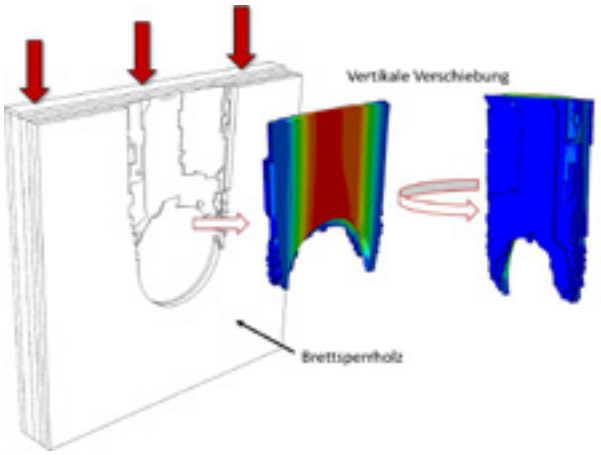


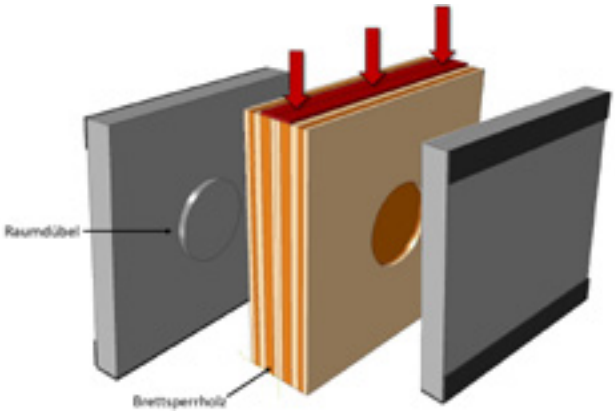

Um eine maximale Raumausnutzung im Bürobau zu erzielen, werden Decken meist als Flachdeckenkonstruktionen errichtet. Damit wird eine hohe Flexibilität in der Raumnutzung erreicht, da bspw. Trennwände nahezu beliebig positioniert werden können. Die zweiachsig spannende, punktgestützte Flachdecke in Massivbauweise hat sich dabei als wirtschaftliche Bauweise etabliert.

Da aus Gründen der Nachhaltigkeit und Gestaltung vermehrt nachwachsende Werkstoffe eingesetzt werden sollen, steigt die Nachfrage nach effizienten und wirtschaftlichen Bauweisen, bei denen der Werkstoff Holz genutzt wird. Dies ist unter anderem in Holz-Beton-Verbunddecken (HBV-Decken) möglich. Weitere Vorteile von HBV-Decken sind, dass die Schall- und Brandschutzeigenschaften im Vergleich zu reinen Holzdecken deutlich verbessert werden und sie gleichzeitig ein geringeres Gewicht als Decken in Massivbauweise aufweisen.

Als Verbundmittel zwischen Holz- und Betonquerschnitt kommen meistens mechanische Verbundmittel wie eingeklebte Lochbleche oder formschlüssige Verbundmittel wie Kerven zum Einsatz. Ein wesentlicher Nachteil der aktuell eingesetzten Verbundmittel ist, dass sie nur in eine Belastungsrichtung Schubkräfte übertragen können. Deshalb werden HBV-Decken aktuell nur als einachsig spannende Elemente konstruiert, berechnet und verlegt. Dies stellt einen wesentlichen wirtschaftlichen Nachteil zur Massivbauweise dar, da durch den uniaxialen Lastabtrag der HBV-Decke größere Deckenstärken bei gleichen Spannweiten notwendig werden und Flachdecken kaum zu realisieren sind.

Um diesem Nachteil entgegenzuwirken, wird im Rahmen eines Kooperationsprojekts ein neuartiges, formschlüssiges Verbundmittel untersucht, welches in unterschiedliche Richtungen Schubkräfte übertragen kann. Aufgrund der Richtungsunabhängigkeit wurde eine zylindrische Betonnocke als Verbundmittel gewählt und zunächst umfangreich numerisch untersucht. Damit konnten bereits viele Parameter im Vorfeld der Versuche bewertet werden. Auch das Versagensverhalten lassen sich mit Hilfe von Schädigungsparametern visualisieren. Die Erkenntnisse aus den numerischen Simulationen sind in die Konzeption der Push-Out-Versuche, welche im kommenden Frühjahr durchgeführt werden sollen, eingeflossen.

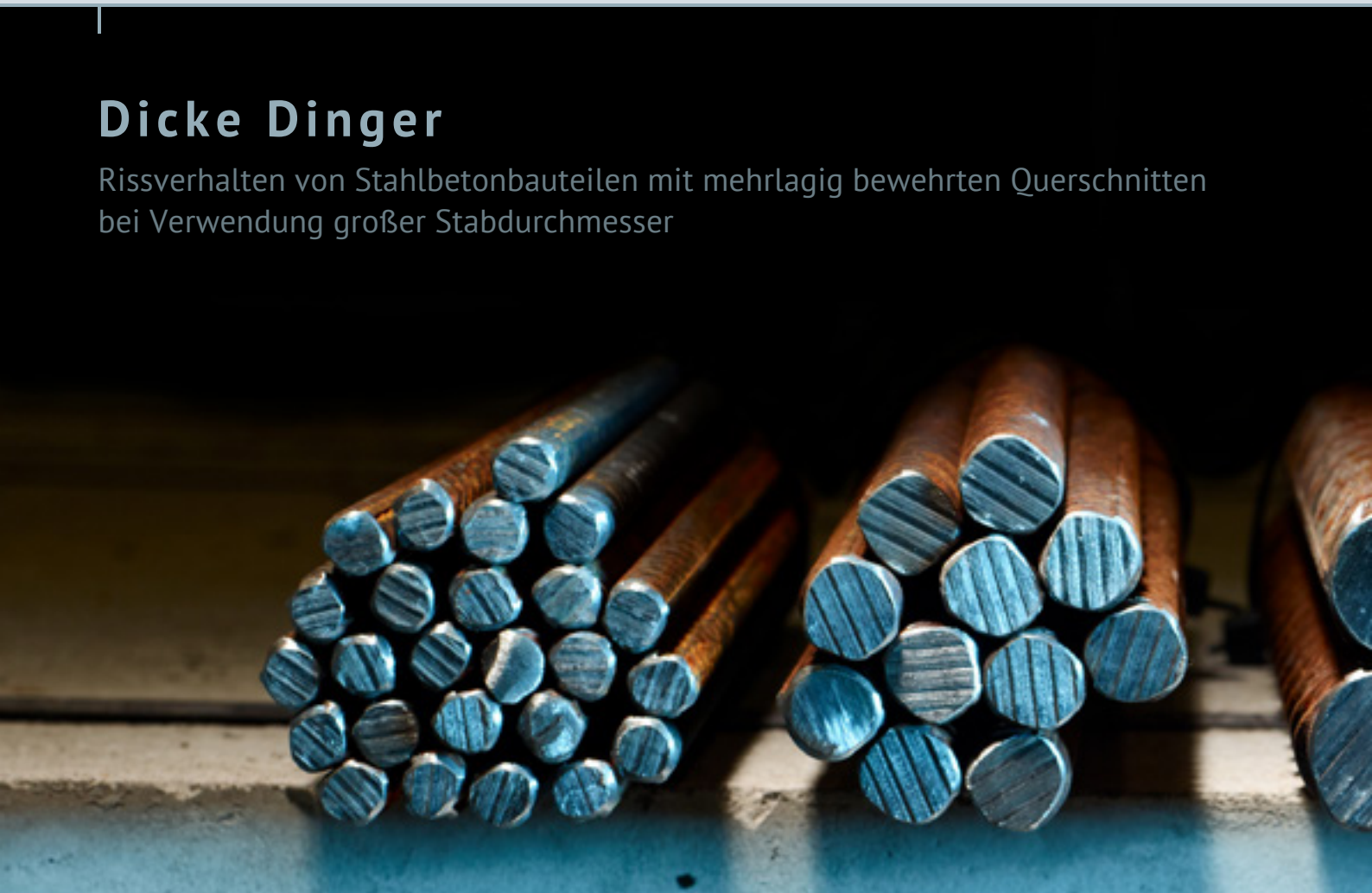


Felix Breit | Jürgen Schnell | Christian Glock

# Dicke Dinger

## Rissverhalten von Stahlbetonbauteilen mit mehrlagig bewehrten Querschnitten bei Verwendung großer Stabdurchmesser



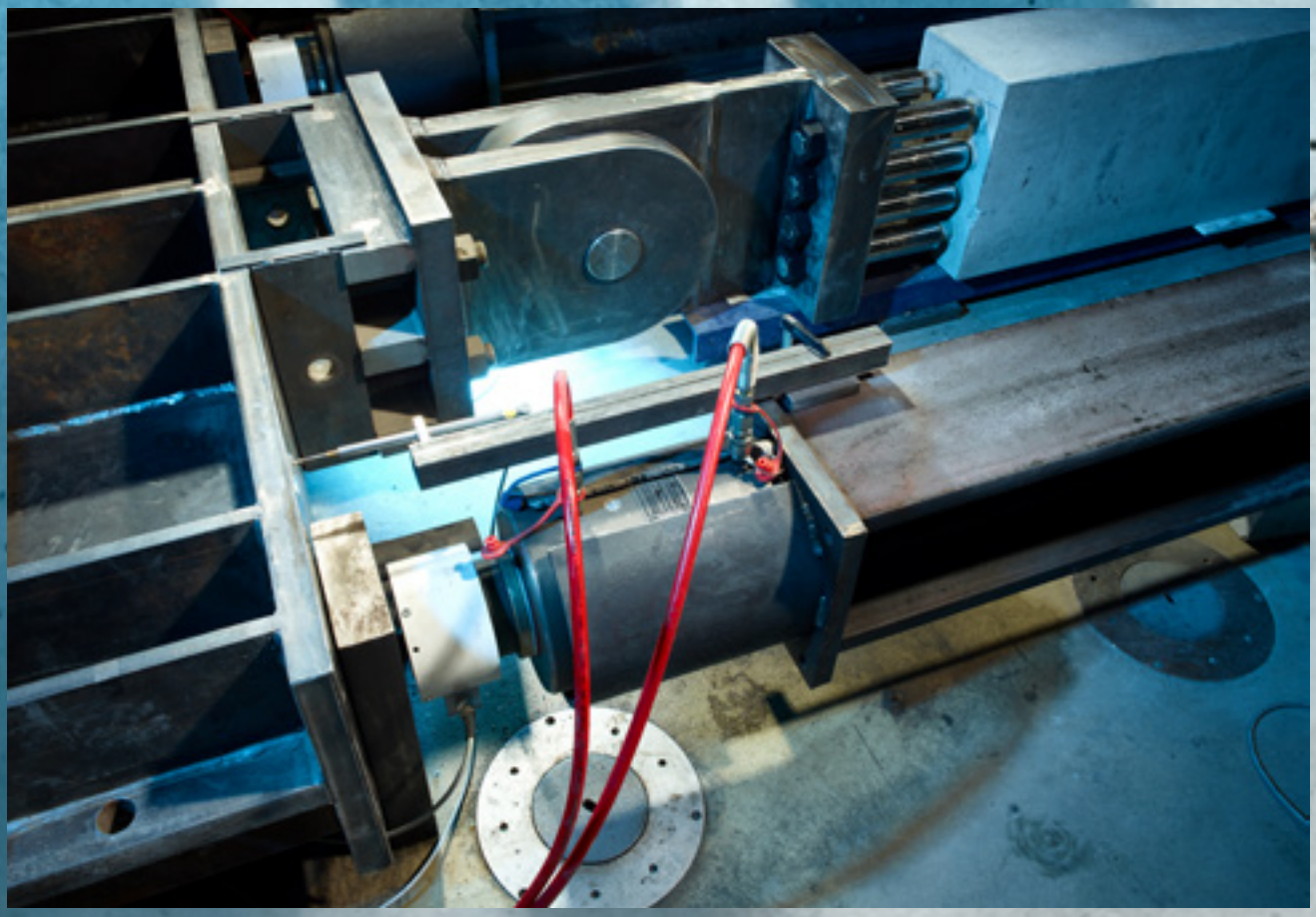
Die Rissbildung ist immanent für die Bauweise Stahlbeton und stellt keinen Mangel dar, sofern die am Bauteil auftretenden Risse auf unschädliche Breiten begrenzt sind. Die Begrenzung der Rissbreite kann dabei durch konstruktive und beton-technologische Maßnahmen gelingen.

EC2 und EC2/NA enthalten Berechnungskonzepte, um etwaige Risse im Rahmen der Bemessung näherungsweise rechnerisch vorauszubestimmen. Bei plattenartigen Bauteilen mit mehrlagig, kreuzweise angeordneter Bewehrung aus großen Stabdurchmessern (d. h. > Ø32 mm), wie sie beispielsweise in hochbeanspruchten dicken Sohlplatten zum Einsatz kommen können, stellt sich die Frage, ob diese Berechnungskonzepte die hier auftretenden Risse noch zutreffend beschreiben. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass die den aktuellen normativen Nachweisen zugrundeliegenden Bemessungsformeln vorwiegend an zentrisch bewehrten Versuchsquerschnitten mit „kleinen“ Stabdurchmessern (üblicherweise Ø6 mm bis Ø14 mm) hergleitet wurden.

In diesem Kontext wurden an der Technischen Universität Kaiserslautern zahlreiche experimentelle Untersuchungen zum Rissverhalten mehrlagig bewehrter Bauteile im Labor für Konstruktiven Ingenieurbau mit Variation zahlreicher Einflussfaktoren der Rissbildung (z. B. Stabdurchmesser, Querbewehrung, Oberflächenbewehrung) durchgeführt. Das im Rahmen dieser Bauteilversuche feststellbare Trag- und Verformungsverhalten mehrlagig bewehrter Bauteile wurde im Anschluss durch numerische Untersuchungen mit dem nichtlinearen Finite-Elemente Programm Atena verifiziert.

Auf Grundlage einer Gegenüberstellung von Versuchswerten mit den Ergebnissen einer Nachrechnung nach EC2 und EC2/NA wurde die Güte der rechnerischen Vorhersagengenauigkeit der aktuellen Bemessungsmodelle überprüft. Als ein Ergebnis bleibt festzuhalten, dass Modifikationen der Bemessungsgleichungen für Querschnittskonzeptionen mit mehrlagig, kreuzweise angeordneter Bewehrung zu empfehlen sind, um eine realitätsnähere rechnerische Vorhersage der zu erwartenden Rissbreiten sicherzustellen. Zudem zeigt sich, dass bei fehlender Oberflächenbewehrung insgesamt keine zuverlässige Berechnung der Rissbreite nach EC2/NA auf der Bauteiloberseite erfolgen kann. Für das Bauteilinnere konnte dagegen festgestellt werden, dass die Versuchsergebnisse in den nach EC2/NA zu erwartenden Größenordnungen liegen.

 *Bildquelle: Thomas Brenner, Photographie*



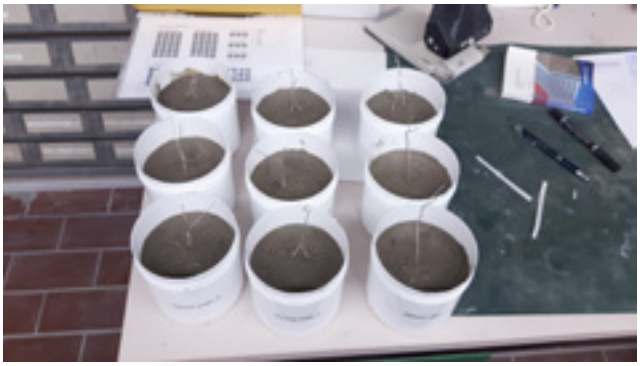
*Bildquelle: Thomas Brenner, Photographie*

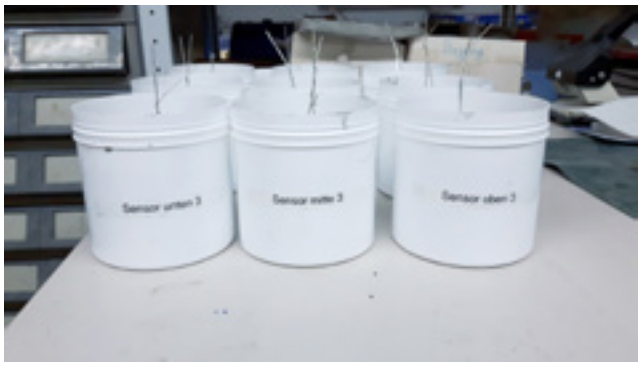
# Smart Screed – Digitale Messung der Estrichfeuchte

Die Digitalisierung beeinflusst nahezu alle Lebensbereiche, so kann bereits heute auf 3D-Drucktechnologien mit unterschiedlichsten Materialien zurückgegriffen werden oder man nutzt Robotik, um Arbeitsaufwand und Zeit zu sparen. Smart Home Technologie erlaubt es, ein Einfamilienhaus vollständig zu vernetzen und per Smartphone zu steuern. Allerdings hinken gerade in Deutschland verschiedenste Branchen der digitalen Entwicklung hinterher. Für die Bauindustrie sind hierfür unterschiedlichste Gründe zu nennen: So gibt es zahlreiche unterschiedliche Beteiligte mit vielen Schnittstellen und unterschiedlichsten Interessenlagen und einen konfliktträchtigen Gesamtprozess verbunden mit Normen und Vorschriften. Gerade deshalb steckt im Bauwesen ein großes Potenzial der Digitalisierung, um Arbeitsprozesse und Tätigkeiten zu optimieren. Zur Ausschöpfung dieses Potenzials hat sich das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion mit einer praxisnahen, bauspezifischen Problemstellung beschäftigt und diese mit Hilfe digitaler Methoden gelöst. Die Belegreife von Estrichen stellt eine wichtige Kenngröße im Bauwesen dar, denn diese liegt im schlüsselfertigen Hochbau meist auf dem kritischen Pfad der Termintreue. In der Folge kommt es oftmals aufgrund eines vorzeitigen Belegens von Estrichoberflächen zu Feuchtigkeitsschäden.

Bisher erfolgt die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehaltes von Estrich in der Praxis mittels analoger invasiver Verfahren, wie die CM-Methode (Calciumcarbid-Methode) und die Darr-Prüfung. Beide Prüfungen erfordern eine Probeentnahme vor Ort und sind äußerst aufwendig bzw. kostenintensiv. Als Alternative bieten sich Sensoren an, die direkt in den Estrich eingebaut werden und die Feuchtigkeitswerte bzw. die Estrichtemperatur in Echtzeit ermitteln und aufzeichnen. Um dieses Potenzial zu beurteilen wurden im Rahmen eines Forschungsprojektes mit einem Industriepartner 100 zylindrische Estrichprobekörper hergestellt. In 9 Probekörpern wurden in drei unterschiedlichen Höhenlagen spezielle digitale Sensoren eingebaut. Diese lassen sich mit Hilfe des Smartphones direkt und kontaktlos auslesen und der Trocknungsverlauf über einen fest definierten Zeitraum detailliert festhalten.

Abschließend wurden die Sensordaten mit den Daten der klassischen Methoden (Darr-Prüfung und CM-Methode) verglichen. Dabei konnte eine gute Übereinstimmung der digitalen Methode mit den klassischen Messtechniken erzielt werden. Die von den Sensoren gemessenen Trocknungsverläufe können den realen Trocknungsprozess der Estrichproben realitätsnah beschreiben, so dass sich die Belegreife deutlich exakter und auch auf Basis kontinuierlicher Messungen ermitteln lässt. Somit konnte gezeigt werden, dass diese vergleichsweise einfach anzuwendende digitale Methode zur zerstörungsfreien effiziente Feuchtemessung im Sinne eines verbesserten Bauprozesses bereits einsatzreif ist.





THIO

PORTE DE FRANC

Dagmar Däuwel | Timo Hondl | Christian Glock | Anja Tusch | Wolfgang Breit

# SeRaMCo geht in die Endphase – Die ersten greifbaren Erfolge

Das seit September 2017 laufende, von der EU mit 4,37 Mio EUR geförderte Projekt SeRaMCo geht in die Endphase. Die in der dreijährigen Forschungsphase entwickelten Konzepte zur Produktion und Anwendung von Fertigteilen aus R-Beton werden nun praktisch umgesetzt. Im September 2020 wurde das erste SeRaMCo-Pilotprojekt eingeweiht. Es handelt sich um vorgefertigte L-Wände aus Stahlbeton, die auf dem Rastplatz an der französischen Autobahn A31 „Aire de Thionville – Porte de France“ in Frankreich den Besucher willkommen heißt. Die aus fünf Teilen zusammengesetzte Wand ist 27 Meter lang, einen Meter hoch und 15 Zentimeter dick und besteht zu 100% aus Recyclingbeton. Ein schönes Detail sind die 60 cm hohen und 2 cm tiefen Buchstaben, die den Namen des Rastplatzes bilden.

Um sichtbar zu zeigen, dass Bauen mit Recyclingbeton im Fertigteilbau problemlos möglich ist, waren rund drei Jahre Forschungs- und Entwicklungsarbeit in Kooperation mit den 11 Projektpartnern voran gegangen. In einem ersten Schritt musste der Prozess des Recyclings von zwei verschiedenen Arten von Bau- und Abbruchabfällen (aus bekannten und unbekannten Quellen) verbessert werden, wobei das Ziel darin bestand, eine hohe, mittlere und niedrige Qualität von recycelten Zuschlagstoffen und Sanden zu erzeugen. Die Experimente und Forschungsergebnisse der Projektpartner Université Liège und Tradecowall (FR) zeigten den Vorteil des Waschens der Zuschlagstoffe gegenüber dem Trockenverfahren: Sowohl die Feinanteile als auch die Mengen unerwünschter Bestandteile (schwimmende Massen, Ton, Gips usw.) wurden reduziert, die Korngrößenverteilung begrenzt. Die gewaschene rezyklierte Gesteinskörnung wurde für die Entwicklung neuer innovativer Beton- und Zementmischungen verwendet. Die Universität Lorraine und der Zementhersteller VICAT (FR) entwickelten, produzierten und testeten neue Zementmischungen. An der Technischen Universität Kaiserslautern und der Uni Luxemburg wurden daraufhin neue Betonmischungen entwickelt und getestet. Diese Mischungen waren in der Lage, die vorher definierten Festigkeitsanforderungen zu erfüllen.

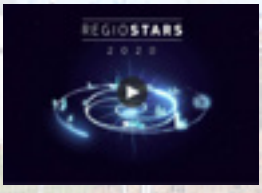
Mit den neuen Zement- und Betonmischungen stellten die Industriepartner Beton Betz (DE) und Prefer (BE) tragende und nichttragenden Fertigteile her und bewiesen so die gute industrielle Verwendbarkeit. So wurde die L-Wand vom Partner-Fertigteilwerk Beton Betz nach Entwürfen des Projektpartners TU Delft hergestellt. Der französische Projektpartner Cerema sorgte zusammen mit dem Bauträger DIR EST vor Ort für die fachgerechte Implementierung der Wand.

Damit erreicht SeRaMCo eine hohe Sichtbarkeit und zeigt den vielen Besuchern, dass die Fertigung ansprechender Betonfertigteile aus Sekundärrohstoffen sehr gut möglich ist. Das auf YouTube veröffentlichte SeRaMCo-Video zeigt mehr dazu: https://www.youtube.com/watch?v=GdPJyg-jUZhs

*Bildquelle: Lina Klug, Pressestelle Pirmasens*

*Bildquelle: Lina Klug, Pressestelle Pirmasens*

Der Spatenstich für das zweite SeRaMCo-Pilotprojekt erfolgte am 1. Oktober 2020 in der Partnerstadt Pirmasens. In den kommenden Wochen entsteht auf dem verkehrsgünstig gelegenen Gelände Husterhöhe mit einer Fläche von knapp fünf mal sieben Metern ein Pavillon aus Fertigteilen unter Verwendung von recycelten Baumaterialien. Bürgermeister Maas und Professor Glock gaben vor Ort für die anwesende Presse eine kurze Vorstellung des Projekts. Dabei wurde auch ein Gruß von Frau Staatssekretärin Steingaß aus dem Innenministerium Mainz als Videobotschaft abgespielt, ebenso von dem Architekt Henri van Bennekom von der TU Delft, der sein Pavillon-Design vorstellte.




*Bildquelle: European Commission*

Eine besondere Wertschätzung in diesem Jahr war die Nominierung von SeRaMCo für die alljährliche Verleihung des Regiostars Preises in der Kategorie "Circular economy for a green Europe". Beim „Regiostars Award" handelt es sich um einen renommierten Preis, den die EU jedes Jahr an innovative EU-finanzierte Projekte vergibt, die neue Ansätze in der regionalen Entwicklung hervorbringen und ihre Exzellenz unter Beweis stellen. SeRaMCo wurde unter der Rekordzahl von 206 eingereichten Projekten als einer der 25 Finalisten ausgewählt. Die Verleihungsveranstaltung der Regiostars Awards 2020 fand am 14. Oktober 2020 statt und wurde von DG Regio als aufwändiges Live Online Event durchgeführt.

*Bildquelle: Lina Klug, Pressestelle Pirmasens*

Das Video zur Verleihungszeremonie gibt es hier: https://euregionsweek2020-video.eu/video/regiostars-ceremony. Im Rahmen der Veranstaltung wurde ein weiterer SeRaMCo Kurzfilm gedreht, der die jüngsten Stakeholder zu Wort kommen lässt: https://www.youtube.com/watch?v=6hf-7D4EcHRg

Am 20. Januar 2021 fand die SeRaMCo-Abschlusskonferenz unter Federführung des Fachgebiets Massivbau und Baukonstruktion online statt. Mit rund 100 internationalen Teilnehmern aus Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand sowie interessanten Vorträgen zum Thema war die Veranstaltung auch im Online-Format ein voller Erfolg.

Das Projekt wird im März des Jahres enden. Alle Videos hierzu findet man auf YouTube unter „SeRaMCo“.

*Bildquelle: Lina Klug, Pressestelle Pirmasens*

**Dirk Bayer | Matthias Pahn | Daniel Berger | Valentin Viezens | Maximilian Wienecke | Martin Kiesche | Fabian Penkert**

# Holzbetonverbundbauteile für die Modulbauweise

*Bildquelle: Bernhard Friese, Fotografie*

Die Bauindustrie wird zukünftig an den globalen Herausforderungen der Ressourcenschonung, der Nachhaltigkeit und des steigenden Bedarfs an kostengünstigem, schnell und einfach zu errichtendem Wohn- und Arbeitsraum gemessen. Dafür sind Bauweisen und Produkte zu entwickeln die dauerhaft, reversibel, einfach aufzubauen, frei gestaltbar und einen geringen Materialverbrauch bei gleichbleibendem Wohnkomfort ermöglichen.

Vorgefertigte Module aus Holzbetonverbundbauteilen mit einer filigranen Betondeckschicht und einer Tragstruktur aus Holz bieten das Potenzial die globalen Herausforderungen zu meistern. Durch die Kombination des nachwachsenden Rohstoffs Holz und einer filigranen Betondeckschicht kann auf eine Stahlbewehrung verzichtet, bis zu 90 % Beton eingespart und die Querschnittsbreite um bis zu 40 % reduziert werden. Die Tragstruktur aus Holz kann aus den Wäldern in der näheren Umgebung des Gebäudes gewonnen werden, wodurch der Anteil an grauer Energie enorm verringert wird. Die Herstellung der Module in Fertigteilwerken ermöglicht die Reduzierung der Rohbauarbeiten vor Ort auf wenige Tage. Die Verbindung der einzelnen Elemente findet an der Tragstruktur mit reversiblen Holzverbindungen statt. Damit können die Module wiederverwendet oder einfach recycelt werden. Die filigrane Betonfassade dient als dauerhafter Witterungsschutz der architektonisch wertvolle und freie Gestaltungsmöglichkeiten zulässt.

Die Bauweise findet im Wohnungs- und Industriebau, bei der nachträglichen Wohnraumverdichtung durch bspw. Aufstockungen und bei temporären Bauwerken Anwendung und ist somit für den Großteil der globalen Bauvorhaben nutzbar.

Das Fachgebiet für Methodik des Entwerfens und Entwerfen des Fachbereichs Architektur und das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion forschen gemeinsam an Problemstellungen der Holzbetonverbundbauweise. Der konkrete Forschungsgegenstand befasst sich u. a. mit der Entwicklung von tragfähigen Holzsteck- und Betonverbindungen, einer tragfähigen und zugleich schubweichen Verbindung der filigranen Betondeckschicht zur Holztragstruktur, der Erforschung von hygrisch induzierten Eigen- und Zwangsspannungen und der Entwicklung von Tragmodellen als Voraussetzung für die Bemessung der Holzkonstruktion.

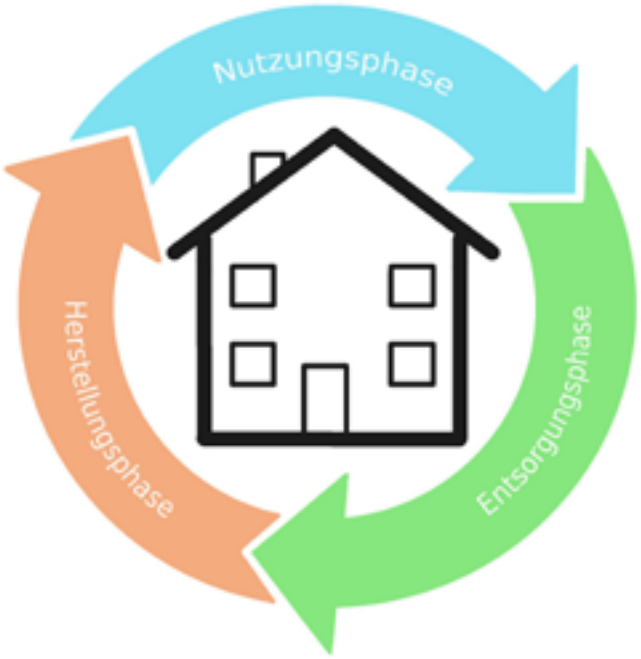
*Bildquelle:*
*Bernhard Friese, Fotografie*

*Bildquelle: Bernhard Friese, Fotografie*

Tim Schöndube | Svenja Carrigan | Oliver Kornadt

# Weiterentwicklung der EnEV

## Ermittlung des Energiebedarfs für Herstellung, Nutzung und Instandhaltung von Gebäuden




Bei der Bewertung der energetischen Gebäudequalität wird bisher gesetzlich nur gefordert, den Energiebedarf resultierend aus der Gebäudenutzung zu bilanzieren. Wissenschaftliche Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass der Energieaufwand für die Gebäudeherstellung und -instandhaltung einen wesentlichen Anteil am gesamten Primärenergiebedarf ausmacht. Im Rahmen des Projektes wurde gezeigt, dass Gebäudeherstellung und -instandhaltung einen Anteil von bis zu 75 % am gesamten Primärenergiebedarf während eines Betrachtungszeitraums von 30 Jahren erreichen kann. Über die Gebäudenutzungsphase hinaus sind somit erhebliche Einsparpotenziale im Bausektor vorhanden, die im Sinne des Erreichens der anspruchsvollen Klimaschutzziele Deutschlands erschlossen werden könnten und bisher nicht genutzt werden. Zur Aktivierung dieser Potenziale wurde am Fachgebiet Bauphysik / Energetische Gebäudeoptimierung gemeinsam mit den Unternehmen Bow Ingenieure GmbH, ITG Energieinstitut GmbH und Ingenieurbüro BEU im Rahmen eines Forschungsprojektes, gefördert durch das Bundesbauministerium, ein Rechenverfahren zur Ermittlung des Energieaufwands für Herstellung, Nutzung und Instandhaltung von Gebäuden entwickelt.

Ziel war es, aufbauend auf dem Berechnungsverfahren der Energieeinsparverordnung (EnEV) ein praxistaugliches Verfahren zur Ermittlung des Primärenergiebedarfs während des Gebäudelebenszyklus zu entwickeln. Zunächst wurden bereits vorhandene Grundlagen für die Bilanzierung des lebenszyklusbezogenen Primärenergiebedarfs zusammengestellt. Darauf aufbauend wurden Ansätze entwickelt, wie diese Grundlagenbausteine sinnvoll zusammengeführt werden können. Für ein zu bewertendes Gebäude ist zum einen der Energiebedarf als Folge der Gebäudekonditionierung mit Hilfe einer EnEV-Software zu bestimmen. Zum anderen ist auf Grundlage einer Massenermittlung mittels des Gebäude-Ökobilanzierungstools eLCA der Energieaufwand für die Herstellung der geplanten Bauteile und Baustoffe sowie für den Austausch und die Entsorgung von veralteten Komponenten während des Gebäudelebenszyklus zu berechnen. Abschließend sind die Ergebnisse aus dem EnEV-Programm mit den Resultaten aus dem eLCA-Tool unter Verwendung von MS Excel zusammenzuführen.

Zur Überprüfung der Praxistauglichkeit der entwickelten Ansätze, wurde das neue Berechnungsverfahren am Beispiel von vier realen Gebäuden angewandt. Daraus hat sich ergeben, dass alle anvisierten baupraxisüblichen Ausführungsvarianten der Beispielgebäude rechnerisch abgebildet werden konnten. Außerdem hat die Variation der Wärmedämmqualität der Gebäudehüllen der Beispielhäuser zu der Erkenntnis geführt, dass sich eine dickere Wärmedämmung im Vergleich zum EnEV-Referenzgebäudestandard aus energetischer Sicht über den betrachteten Lebenszyklus von 30 Jahren lohnt. Der energetische Mehraufwand für die Realisierung einer verbesserten Wärmedämmqualität kann durch die Energieeinsparung während der Gebäudekonditionierung mehr als ausgeglichen werden. Weiterhin haben die durchgeführten Untersuchungen ergeben, dass bei Betrachtung des Gebäudelebenszyklus der Primärenergiebedarf eines KfW-Effizienzhaus-55-Standards teilweise niedriger ist als der des KfW-Effizienzhaus-40-Standards. Beachtlich ist dies, weil bei der wie bisher üblichen Betrachtung des alleinigen Betriebs das KfW-Effizienzhaus 40 den wesentlich niedrigeren Primärenergiebedarf besitzt.

## Vorträge 2020

13. Januar
Winter School ETH: From research to practice in geotechnical engineering, Ascona, Schweiz
Christos Vrettos: Calculation models in code-based geotechnical design

30. Januar
Seminarveranstaltung für Prüfstellenleiter und weitere verantwortliche Mitarbeiter in den Prüfstellen sowie Werkleiter bzw. Werkgruppenleiter, Neustadt
Sophie Burgmann, Wolfgang Breit: R-Beton – Ressourcenschonender Beton – Einsatz von Recyclingsanden

30. und 31. Januar, 17. Februar
MC-Forum Carpark, Nürtingen, Karlsruhe, Unterschleißheim
Joachim Schulze: Bewertung der Verschleißbeständigkeit von Parkhaus-Belägen unter realitätsnahen Prüfbedingungen

12. Februar
Nationaler Infotag zu Fördermöglichkeiten im Interreg-Programm NWE, Mainz
Christian Glock: Aus der Praxis: Erfahrungen zur erfolgreichen Antragstellung und Projektumsetzung im Projekt SeRaMCo

18. Februar
64. BetonTage, Neu-Ulm
Anja Tusch: Darf's ein bisschen mehr sein? – Steigerung des Einsatzes von wiedergewonnener Gesteinskörnung im Beton

19. Februar
64. BetonTage, Neu-Ulm
Christian Glock: Bericht zum EU-Forschungsprojekt SeRaMCo – Innovative vorgefertigte Betonbauteile aus Sekundärrohstoffen

19. Februar 2020
Fachsymposium „Kreisläufe schließen – Ressourcen- und Klimaschutz auf dem Bau", Stuttgart
Christian Glock: Lösungen für Betonfertigteile – Ergebnisse aus dem EU-Forschungsprojekt SeRaMCo

19. Februar
64. BetonTage, Neu-Ulm
Daniel Nyman: Beton-Pulverdruckverfahren – Next Level

19. Februar
Fachsymposium „Kreisläufe schließen – Ressourcen- und Klimaschutz auf dem Bau", Stuttgart
Udo Wiens, Wolfgang Breit: Beton ressourcenschonend – wie wird das neue Regelwerk für den R-Beton aussehen? Ergebnisse aus dem BMBF-Forschungsvorhaben R-Beton

20. Februar 2020
64. BetonTage, Neu-Ulm
Kasem Maryamh, Christian Glock: Entwicklung einer praxistauglichen, selbsttätigen Hochwassersperre – Innovative Betonfertigteile aus Hochleistungsbeton

21. Februar 2020
64. BetonTage, Neu-Ulm
Rabea Sefrin, Christian Glock: Neue Verfahren nach E DIN EN 13791:2018 – In-situ-Betondruckfestigkeit bei Bestandstragwerken

31. März
Ytong Silka Akademie, online
Tim Schöndube: Das neue GebäudeEnergieGesetz (GEG): Was Architekten und Planer jetzt wissen müssen

22. Juni
SeRaMCo seminar, online
Anja Tusch: Concrete containing recycled aggregates from unknown origin – Development of new concrete mixtures for structural precast elements and pavement blocks

30. Juni
Forschungsinitiative ZukunftBau, 15. Projektetage der Bauforschung, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), online
Daniel Nyman: Bewehrung 3D-gedruckter Betonkörper

26. August 2020
Weiterbildung für Tragwerksplaner, TU Kaiserslautern und TU Darmstadt, online
Christian Glock: Bauen im Bestand – Einführung und Grundlagen.

16. November 2020
Extraordinary General Assembly 2020, BIBM – European Federation for Precast Concrete, online
Christian Glock: SeRaMCo – Secondary Raw Materials for Precast Elements

24. November
Fortbildung für E-Schein-Inhaber und Betoningenieure, online
Wolfgang Breit: Bewertung der Druckfestigkeit in Bauwerken – Neue DIN EN 13791 und Umsetzung in Deutschland

26. November 2020
Shanghai International Building Industrialization of Construction Summit 2020, online
Christian Glock: 100 % Recycled Aggregates for Concrete Production? – Results from the SeRaMCo Project.

1. Dezember
INSPIRE Training School, online
Christos Vrettos: Project organization and management in geotechnical engineering and erection of structures

10. Dezember
Klimabündnis Bauen in Rheinland-Pfalz – nachwachsende und kreislaufeffiziente Rohstoffe stärken, online
Anja Tusch: Entwicklung eines innovativen Wandfüllstoffs auf Basis von In-Situ-Mining

# Basalt – Werkstoff der Superlative

Im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelt das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion gemeinsam mit weiteren Projektpartnern eine energieeffiziente, basaltfaserverstärkte Kunststofflamelle (BFK-Lamelle) für die Tragwerksverstärkung beim Bauen im Bestand. Die grundlegende Idee des Forschungsprojektes ist die konsequente Weiterentwicklung und energetische Optimierung von seit Jahrzehnten, etablierten Technologien zur Verstärkung von Bauteilen und Tragwerken mit carbonfaserverstärkten Kunststoff-Lamellen (CFK).

Das innovative Verstärkungssystem „BFK-Lamelle“ besteht aus einem faserverstärkten Kunststoff mit eingebetteten Basaltfasern, wird im Pultrusionsverfahren als Endloslamelle mit rechteckigem Querschnitt hergestellt und mittels eines Klebstoffes an der Tragstruktur angebracht.

Das System weist ein großes Potential hinsichtlich Nachhaltigkeit und Dauerhaftigkeit bei gleichzeitig sehr hohen mechanischen Eigenschaften der Lamelle auf. Durch die hohen Festigkeiten können kleine Lamellendicken realisiert und der Transport und Montageaufwand geringgehalten werden. Zum Validieren der Entwicklungsergebnisse werden Versuche an der Lamelle selbst sowie an verstärkten Großbauteilen durchgeführt. Die Umsetzung in einem Praxisprojekt soll abschließend die Anwendbarkeit der entwickelten Technologie demonstrieren.

Das Forschungsprojekt selbst versteht sich als interdisziplinäres Vorhaben, um die notwendigen Grundlagen auf der Mikrostrukturebene zu schaffen und diese bis auf Anwendungsebene zu übertragen, damit weitere Bauprodukte aus CFK und Stahl substituiert werden können.

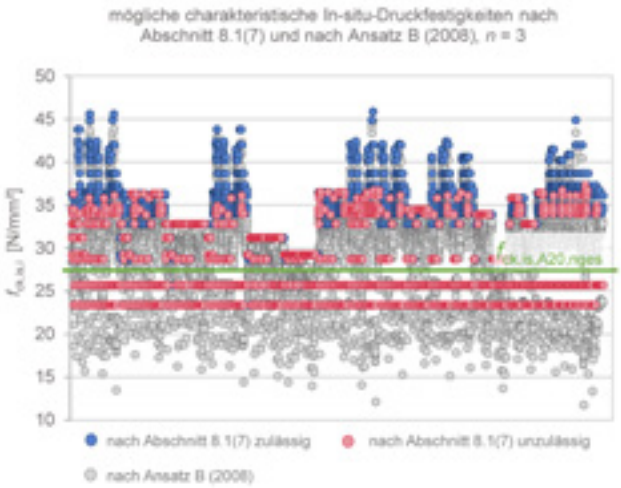
# Ermittlung der charakteristischen In-situ Betondruckfestigkeit

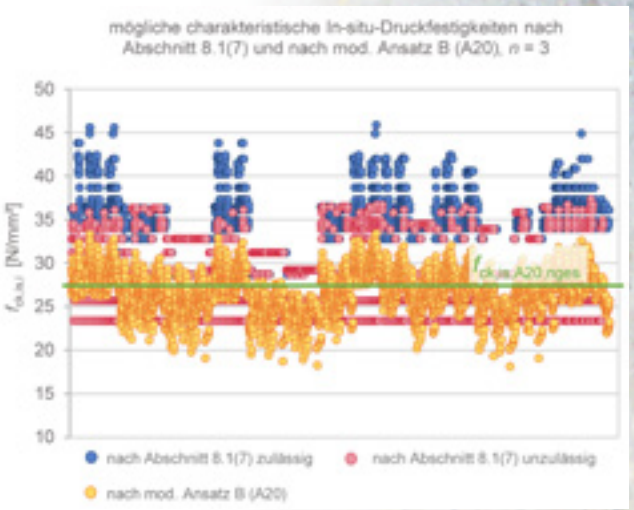
## Bewertung neuer Verfahren

Bei Umbaumaßnahmen oder baulichen Änderungen müssen Bestandstragwerke nach den aktuell gültigen Regelwerken nachgerechnet werden. Für Stahlbetontragwerke stellt dabei die Betondruckfestigkeit in der Regel den maßgebenden Materialkennwert dar. Von alten Bauwerken fehlen jedoch häufig die bautechnischen Unterlagen aus der Ausführungszeit, sodass eine umfassende Bauwerksuntersuchung für die Ermittlung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit notwendig wird.

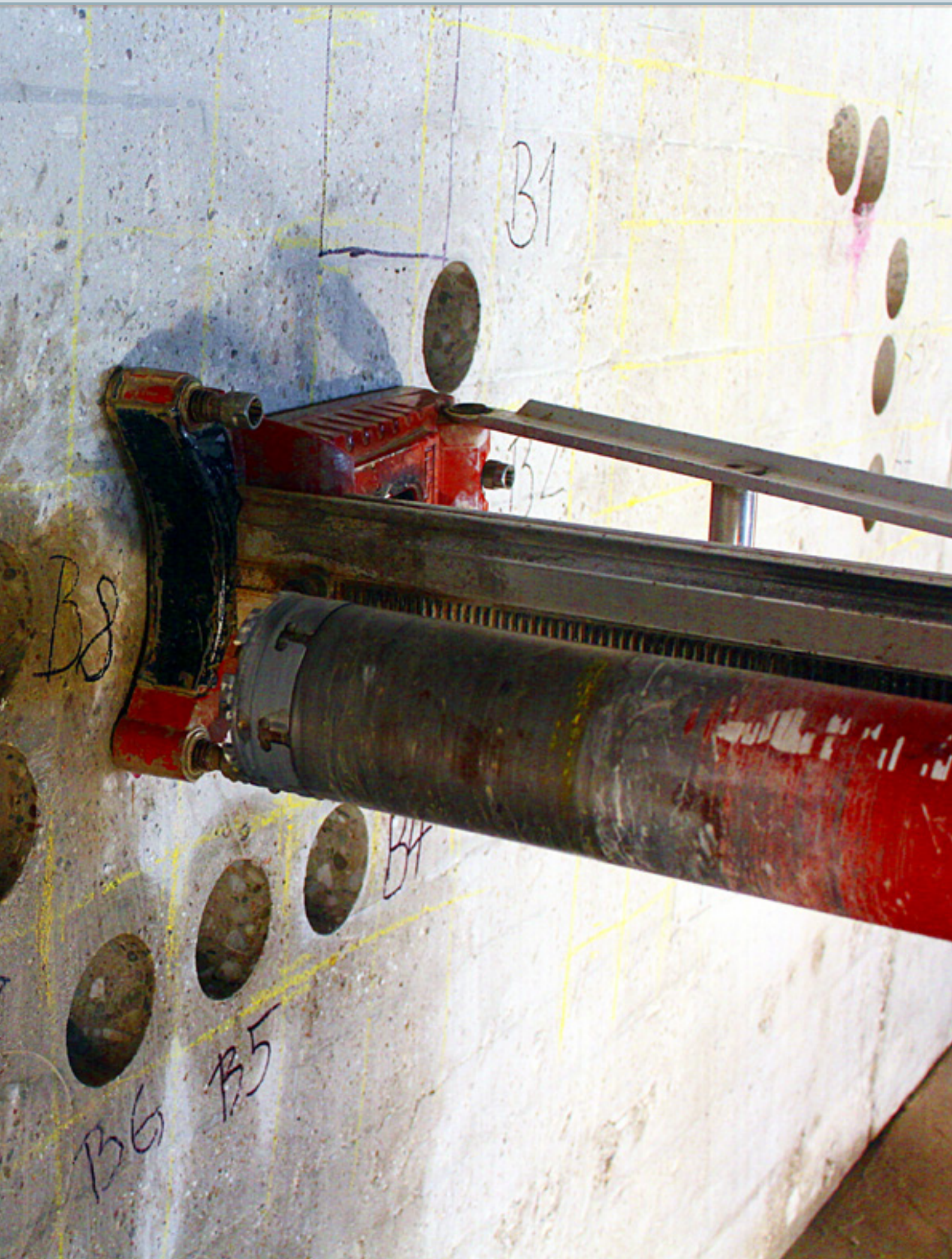
Die Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder in Bauwerksteilen ist für Deutschland aktuell in DIN EN 13791/A20:2017 geregelt. In Abhängigkeit der Bohrkernanzahl und des Variationskoeffizienten kann die charakteristische In-situ-Druckfestigkeit entweder mit dem modifizierten Ansatz A oder dem modifizierten Ansatz B ermittelt werden.

Auf europäischer Ebene wurde mit DIN EN 13791:2020 die Norm zur Bewertung der In-situ-Druckfestigkeit von 2008 (DIN EN 13791:2008) novelliert. Hierin werden neue Verfahren zur Ermittlung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit für einen Stichprobenumfang $3 \leq n \leq 7$ in Abschnitt 8.1(7) und in Abschnitt 8.3 vorgestellt. Diese unterscheiden sich grundlegend von den bisherigen Verfahren nach DIN EN 13791:2008 und DIN EN 13791/A20:2017, weshalb die statistische Belastbarkeit im Rahmen eines durch den Deutschen Beton und Bautechnikvereins (DBV) geförderten Forschungsprojektes überprüft wurde.

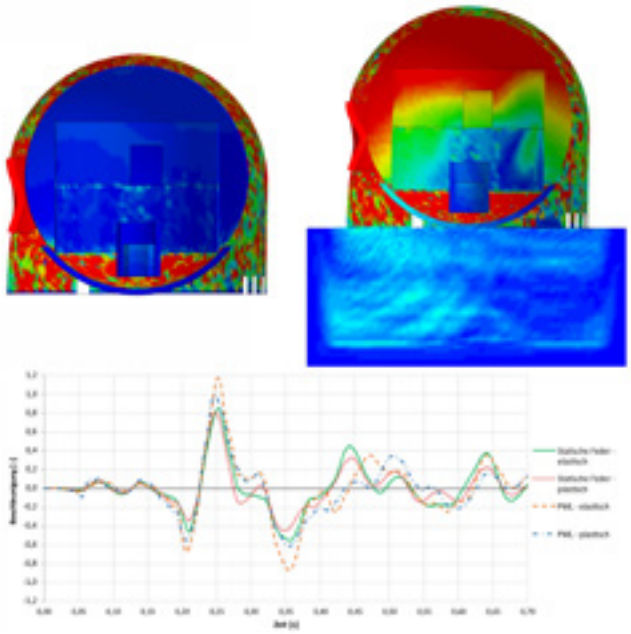


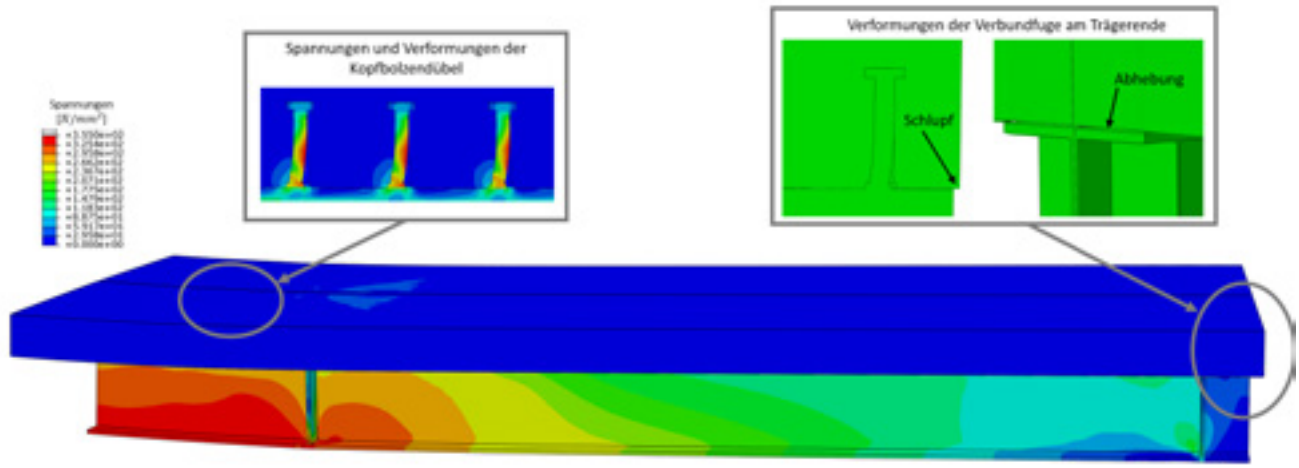

Mit Hilfe statistischer Simulationen, deren Ausgangsdaten auf einer an unserem Fachgebiet erhobenen umfangreichen Bohrkerndatenbank beruhen, konnte gezeigt werden, dass es durch die Bestimmung der charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit nach Abschnitt 8.1(7) und Abschnitt 8.3 zu einer deutlichen Überschreitung der „realen" charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit kommen kann. Als „reale" charakteristische In-situ-Betondruckfestigkeit wird dabei die charakteristische In-situ-Betondruckfestigkeit bezeichnet, die durch einen Stichprobenumfang $n \geq 20$ berechnet wurde (vgl. grüne Linie $f_{ck,is,A20,nges}$). Die Untersuchungen zeigten, dass die prozentuale Überschätzung der realen charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit bei einer Auswertung nach dem alten Verfahren (Ansatz B von DIN EN 13791:2008) und die bei einer Auswertung nach den neuen Verfahren (nach Abschnitt 8.1(7) und Abschnitt 8.3 von DIN EN 13791:2020) für die im Forschungsvorhaben betrachteten Bauteile nahezu identisch sind. Aufgrund der teilweise deutlichen Überschätzung der „realen" charakteristischen In-situ-Betondruckfestigkeit nach Abschnitt 8.1(7) und nach Abschnitt 8.3 wird entweder eine Anpassung der Verfahren oder weiterhin die Anwendung des sog. modifizierten Ansatzes B von DIN EN 13791/A20:2017 empfohlen.


B1
B8
B4
B6
B5

# „Grenzenlose“ Schwingungen im Boden



Die Boden-Bauwerk-Interaktion (BBI) hat einen wesentlichen Einfluss auf das Gesamtverhalten vieler dynamisch belasteter Strukturen und ihre Berücksichtigung in der numerischen Analyse stellt nach wie vor eine große Herausforderung dar. Selbst mit modernster Rechenleistung und ausgeklügelten Softwarelösungen ist die Simulation der Interaktion insbesondere für nichtlineare Untersuchungen immer noch sehr zeitaufwändig, komplex und anspruchsvoll. Die Berücksichtigung dieser Interaktion ist für Berechnungen von einigen strukturdynamischen Analysen von entscheidender Bedeutung. Das Fachgebiet Statik und Dynamik der Tragwerke (SDT) beschäftigt sich bereits seit einigen Jahren mit der Sicherheitsbewertung von Kernkraftwerken bezüglich des Flugzeuganpralls und arbeitet im Rahmen eines Forschungsprojekts, finanziert mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi, an der korrekten Ermittlung von induzierten Erschütterungen infolge dynamischer Einwirkungen (u. a. Flugzeugabsturz, Erdbeben, Explosionsdruckwelle). Diese sind beispielsweise zur Auslegung der Anlagekomponenten (mittels Etagenantwortspektren) in einem Kernkraftwerk unbedingt erforderlich. Die induzierten Erschütterungen entstehen z. B. durch die Übertragung der Aufprallenergie durch Wellen von der Sekundarabschirmung (äußere Schutzhülle) über Fundament und Boden ins Innere des Kraftwerks. Für die Berechnungen wurden zur Absorption der Abstrahlungsenergie im Boden neuartige Absorptionselemente (PML-Elemente) verwendet, um der Kontinuität des Bodens Rechnung zu tragen und verfälschende Reflektionen von sich im Boden ausbreitenden Wellen an numerischen Modellrändern zu verhindern. Die Anwendung der PML-Elemente weist eine hervorragende Absorption der Wellen auf, sodass keine Reflektionen auftreten. Hierdurch wurden linear-elastische und erstmals auch nichtlineare elasto-plastische dynamische Berechnungen im Zeitbereich möglich und lokale Plastifizierungserscheinungen im Aufprallbereich konnten mitberücksichtigt werden. Die linearen Berechnungen wurden mit anderen Methoden im Zeit- und Frequenzbereich (u. a. Halbraumtheorie, Thin-Layer Methode) verifiziert und validiert. Die elastischen und elastoplastischen Berechnungen wurden mit Analysen verglichen, die den Boden mittels frequenzunabhängiger Impedanzen (statische Federelemente) vereinfacht berücksichtigen. Erste Ergebnisse weisen darauf hin, dass die Erschütterungen, bei der Modellierung des Bodens mittels approximierten Federn gegenüber einer genaueren Berechnung mit PML-Elementen, unterschätzt werden (siehe Abbildung mit Diagrammen). Die Konfiguration von Boden und PML-Elementen wurde basierend auf einigen vorangegangenen parametrischen Studien (zu Elementgröße, PML-Schichtdicke und Abstand zur Anregungsquelle) gewählt. In der Abbildung mit dem dargestellten Reaktormodell wird der Einfluss der BBI besonders deutlich. Farblich skaliert sind die Beschleunigungen, die aus einem Flugzeuganprall resultieren. Links findet sich das Modell ohne Berücksichtigung der BBI und rechts das Modell mit dem Eintrag der Erschütterungen ins Gebäudeinnere über die Bewegungen des Bodens und Fundaments.




# Verformungsorientierte Bemessung von Verbundträgern

Zur Eindämmung der globalen Erderwärmung kann die Bauwirtschaft durch effiziente Tragwerke und der damit verbundenen Einsparung von Rohstoffen einen wichtigen Beitrag leisten. Darunter darf allerdings nicht die Sicherheit der Tragwerke leiden. Verbundtragwerke stellen durch die optimierte Kombination und Beanspruchung der verwendeten Werkstoffe hoch effiziente und materialsparende Konstruktionen dar. Die Wirtschaftlichkeit von Verbundträgern aus Beton und Stahl wird neben dem Trag- und Verformungsverhalten der beiden einzelnen Komponenten hauptsächlich durch die Leistungsfähigkeit des Verbundmittels gekennzeichnet. Um weitere Verbesserungen hinsichtlich Sicherheit und Wirtschaftlichkeit zu ermöglichen, bedarf es Berechnungsmethoden, die neben der Tragfähigkeit auch die Verformungen des Trägers und die Verformbarkeit der Tragelemente berücksichtigen. Eine maßgebende Rolle spielt die Nachgiebigkeit der Verbundfuge, wodurch Relativverschiebungen zwischen den beiden Verbundpartnern sowohl in horizontaler (Schlupf) als auch in vertikaler Richtung (Abhebungen) auftreten können.

Um das Verformungsverhalten von Verbundträgern realitätsnah unter Berücksichtigung des nichtlinearen Werkstoffverhaltens und der Nachgiebigkeit der Verbundfuge untersuchen zu können, sollten zusätzlich zu den sehr zeit- und rechenintensiven numerischen Simulationen Berechnungsmodelle mit geringem Modellierungs- und Rechenaufwand gefunden werden. Eine effiziente Möglichkeit zur realitätsnahen, nichtlinearen Modellierung der Verbundträger sind Stabwerkmodelle bzw. Scheibenmodelle. Die Betonplatte und das Stahlprofil werden je nach angestrebter Genauigkeit als Stäbe bzw. als Scheiben mit den entsprechenden Material- und Querschnittseigenschaften modelliert. Die Verbundmittel, im Stahl-Beton-Verbundbau meist Kopfbolzendübel, werden durch horizontale und vertikale Federn abgebildet. Die Berechnung der Modelle kann mit Hilfe gängiger Software aus der Tragwerksplanung durchgeführt werden.

Die genannten Berechnungsmodelle konnten mittels Versuchen an Verbundträgern, die in der Vergangenheit am Fachgebiet Stahlbau durchgeführt wurden, verifiziert werden. Da die Berechnungsmodelle auch auf mehrfeldrige Verbundträger, also Träger mit negativen Momentenbereichen angewendet werden, hierzu aber keine ausreichenden Versuchsergebnisse vorhanden sind, werden zum Verifizieren der Modelle im kommenden Jahr großmaßstäbliche Versuche an durchlaufenden, 14 m langen Verbundträgern mit zwei Feldern durchgeführt.

Pascal Distler | Hamid Sadegh-Azar

# Ingenieurmodelle mit Impakt

Dynamische Impaktbelastungen wie der Flugzeugabsturz stellen außergewöhnliche Belastungen und dementsprechend eine große Herausforderung bei der Gestaltung und Bemessung von Bauwerken dar. Insbesondere die Stahlbetonstrukturen von nuklearen oder industriellen Anlagen mit erhöhten Sicherheitsanforderungen müssen absichtlichen oder unbeabsichtigten Aufprallszenarien standhalten.

Zur Beurteilung der Sicherheitsstandards auch mit Blick über die deutschen Grenzen hinaus und angesichts des möglichen grenzüberschreitenden Charakters der Betriebsrisiken, sollen im Rahmen eines BMWi geförderten Forschungsprojektes verschiedene Analysemethoden zur Simulation der Schädigung infolge dieser hochdynamischen Aufprallbelastungen entwickelt und weiterentwickelt werden. Zum einen werden komplexe numerische Finte-Elemente Modelle zur Beurteilung der Tragfähigkeit von Stahlbetonbauwerken eingesetzt, anderseits existieren empirische und semi-empirische Modelle, deren Anwendbarkeit geprüft und bewertet werden soll.

Das Hauptaugenmerk des Vorhabens liegt jedoch in der Entwicklung und Erprobung eines schädigungsadaptiven, robusten Ingenieurmodelle für eine zuverlässige und dennoch praxistaugliche Modellierung des Belastungsszenarios Projektil- bzw. Flugzeugaufprall. Hierbei wird als Ingenieurmodell ein vereinfachtes, auf die wesentlichen Phänomene reduziertes Simulations- und Bemessungsmodell bezeichnet, welches in der Ingenieurpraxis zuverlässig eingesetzt werden kann. Die mechanischen Prinzipien basieren dabei auf nichtlinearen Mehrmassenschwingern, welche unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen dem auftreffenden Projektil und der Stahlbetonstruktur, hergeleitet werden.

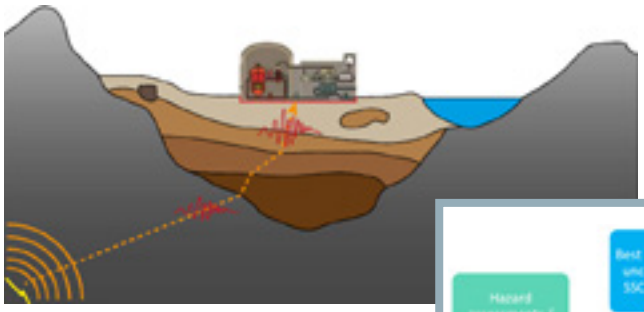
Das Modell soll dazu beitragen, die Aussagefähigkeit und Zuverlässigkeit bei der Simulation der Schädigung in kerntechnischen Stahlbetonstrukturen (u.a. Reaktorgebäude, Zwischenlager) zu erhöhen und die Abhängigkeit von komplexen, zeitaufwendigen und somit kaum praxistauglichen Finite-Elemente Berechnungen zu reduzieren.

 *Bildquelle: istock.com/jotily*

*Bildquelle: istock.com/Edi_Eco*

# METIS

## Start des europäischen Forschungsprojektes zur Entwicklung eines fortschrittlichen Ansatzes für die Bewertung des seismischen Risikos von Kernkraftwerken



Am 29. September 2020 startete offiziell das Projekt "MEthods and Tools Innovations for Seismic risk assessment (METIS)-H2020". Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Ansätze für die Beurteilung der seismischen Sicherheit von Kernkraftwerken weiterzuentwickeln. Das Konsortium hatte bereits ein virtuelles Kick-Off-Meeting, welches an zwei Tagen vom 29. bis 30. September 2020 stattfand und von 80 Teilnehmern besucht wurde. Am ersten Tag wurden während der Plenarsitzung alle Arbeitspakete (WP) umrissen und in den WP-Koordinationssitzungen am zweiten Tag ausführlicher diskutiert.

Mit dem atomaren Unfall im Jahr 2011 in Fukushima, Japan, wuchs die Sorge der nuklearen Sicherheit und die Suche nach Lösungen für einen sicheren Langzeitbetrieb der bestehenden europäischen Kernkraftwerke. Mit diesem Projekt soll die Methodik der seismischen probabilistischen Sicherheitsbewertung verbessert und Open-Source-Werkzeuge hierfür entwickelt werden. Dabei werden die Bedürfnisse der Industrie und Erkenntnisse aus der Wissenschaft in den Bereichen Erdbebeningenieurwesen sowie Datenanalyse berücksichtigt. In diesem Zusammenhang entwickelt METIS weitere Validierungsstrategien für fortgeschrittene Berechnungsmodelle und -werkzeuge, insbesondere durch die Kombination von Modellen mit Beobachtungen und Daten. Sowohl probabilistische als auch deterministische Bewertungen werden in einem umfassenden Gesamtrahmen für die Bewertung seismischer Risiken behandelt.

METIS ist ein von der EU finanziertes Projekt im Rahmen des Horizon 2020 Programms für Forschung und Innovation mit einer Laufzeit von 4 Jahren und einem Gesamtbudget von 5 Millionen Euro, von denen 4 Millionen Euro von der Europäischen Kommission finanziert werden. Das Projekt wird von einem internationalen Konsortium durchgeführt, dem 13 europäische Partner aus Frankreich, Deutschland, Italien, Griechenland, Großbritannien, der Ukraine und Slowenien sowie 3 Organisationen aus den USA und Japan angehören. Das Konsortium bringt Universitäten, Forschungsorganisationen und Industrieunternehmen zusammen, um ein ideales Umfeld für Forschung, Entwicklung sowie deren Verbreitung und Anwendung durch Endnutzer zu schaffen. Die fortschrittlichen Verfahren und Methoden, die von METIS entwickelt werden, werden in moderne, hochleistungsfähige Open-Source-Programme wie OpenQuake, code_aster/salome_meca, OpenSees und SCRAM der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt.

Das Institut für Statik und Dynamik der Technischen Universität Kaiserslautern wird das Arbeitspaket zu Auslegungsüberschreitung und Fragilitätsanalyse leiten. Hierbei wird der gesamte Gebäudespezifische Teil der probabilistischen seismischen Gefährdungsanalyse koordiniert. Beginnend bei der Auswahl des geeigneten Testfalls werden relevante Strukturen definiert und FE-Modelle erzeugt sowie vereinfachte Ansätze untersucht. Im Anschluss werden die epistemischen und aleatorischen Unsicherheiten quantifiziert, der Einfluss von Nachbeben auf Gebäude und Komponenten untersucht sowie Normen und Bemessungsverfahren auf den aktuellen Stand der Technik gebracht. Zudem beteiligt sich das Fachgebiet an weiteren Arbeitspaketen zu den Aufgabengebieten Weiterbildung und Forschung zur seismischen Gefährdung, multidimensionale Fragilitäts- und Risikobewertung struktureller und nicht-struktureller Komponenten.

Arthur Feldbusch | Thomas Keilhauer | Stefanos Stavrou | Hamid Sadegh-Azar

# Breitbandig tilgen

Aus ästhetischen, aber auch wirtschaftlichen und ökologischen Gründen wird immer häufiger Wert auf schlanke und filigrane Baustrukturen gelegt. Die höhere Schlankheit der Bauwerke erhöht jedoch gleichzeitig auch ihre Schwingungsanfälligkeit. Somit wird die Berücksichtigung menscheninduzierter Schwingungen, d. h. Schwingungen verursacht durch z. B. das Gehen, Laufen, Hüpfen oder Springen von Menschen, beim Bau von beispielsweise Fußgängerbrücken, Turn- und Sporthallen oder Stadien unerlässlich. Genauer gesagt können menscheninduzierte Schwingungen nicht nur das Wohlbefinden deutlich beeinträchtigen, sondern auch zu Strukturschäden führen.

Zur Begrenzung der durch Menschen verursachten Schwingungsamplituden könnte eine konstruktive Verstärkung der Struktur eine Lösung sein. Oftmals ist dies jedoch nicht erwünscht bzw. nicht möglich. In diesem Fall kommen sogenannte Schwingungstilger eingesetzt werden.

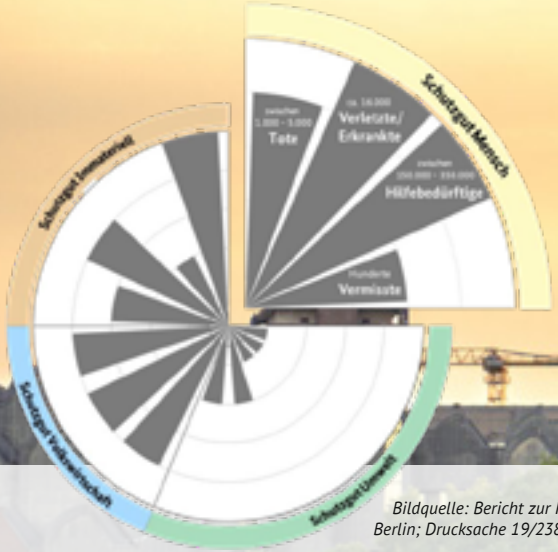
Ein Schwingungstilger besteht aus einer Masse, die mit dem Tragwerk durch Feder- und Dämpferelemente gekoppelt ist. Das Tilgersystem soll folglich so zeitversetzt zur Struktur schwingen, dass eine dynamische Gegenkraft auf die Struktur erzeugt wird und die Strukturschwingung abmindert bzw. tilgt. Durch die geeignete Wahl von Steifigkeit, Dämpfung und Masse des Tilgers kann dieser auf eine relevante Eigenfrequenz der Baustruktur optimal abgestimmt werden. Da ein Tilger nur eine Schwingungsfrequenz optimal tilgen kann, kommt es zur Reduktion seiner Wirksamkeit, wenn die relevante Eigenfrequenz der Baustruktur zeitveränderlich oder nicht genau bestimmbar ist. Eine mögliche Lösung dieses Problems ist der Einsatz multipler Schwingungstilger, da diese breitbandig tilgen können.

Das Institut Statik und Dynamik der Tragwerke der Technischen Universität Kaiserslautern forscht analytisch und experimentell an Ansätzen und Methoden zur Optimierung der Wirksamkeit multipler Schwingungtilgern bei menscheninduzierten Schwingungen.

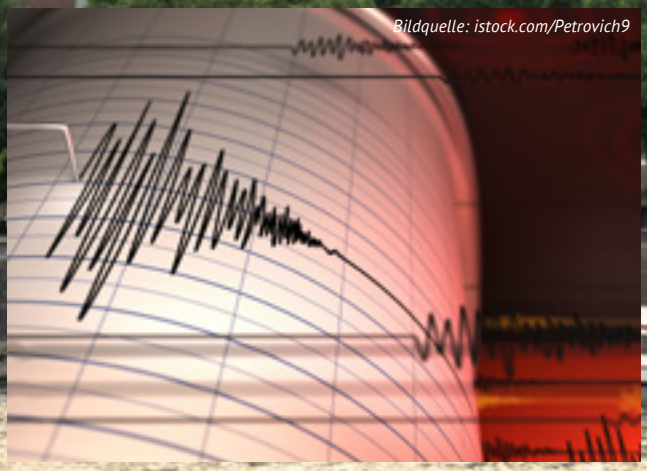
Konstantin Goldschmidt | Hamid Sadegh-Azar

# Bundestagsbericht zum Erdbebenrisiko

Bereits im Kalenderjahr 2019 beteiligte sich das Fachgebiet Statik und Dynamik der Tragwerke der Technischen Universität Kaiserslautern an der Risikoanalyse Erdbeben des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe. In Zusammenarbeit mit Lokalen und Regionalen Verwaltungen, Hilfsorganisationen, Firmen, Behörden und Fachleuten wurde ein mögliches Erdbeben im Großraum Köln untersucht. Jährlich wird unter Anleitung des BBK eine Risikoanalyse erarbeitet und dem Bundestag, inklusive Handlungsempfehlungen, vorgelegt. Der Bericht zum möglichen Erdbebenszenario im Großraum Köln liegt seit November 2020 dem Deutschen Bundestag vor.




*Bildquelle: Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2019"; Okt 2020; Berlin; Drucksache 19/23825 Deutscher Bundestag – 19. Wahlperiode*



*Bildquelle: istock.com/Petrovich9*

 *Bildquelle: pixabay.com/JDPhotography*

Generell beschreibt die Jährliche Risikoanalyse die Gefährdung des Deutschen Bundesgebietes. Da es sich bei Erdbeben um lokale Phänomene handelt, wurde die Großstadt Köln mit dem nahegelegenen Erftsprung als Ausgangspunkt angesetzt. In 25 km Entfernung zum Stadtzentrum wird ein Erdbeben der Momenten-Magnitude 6,5 angenommen und die kurzfristigen sowie langfristigen Auswirkungen auf die Region untersucht. Es treten in dieser Region mehrmals im Monat schwache Erdbeben auf. Das Untersuche Ereignis hat eine statistische Eintrittswahrscheinlichkeit von 1:2000 Jahren.

Das Fachgebiet Statik und Dynamik der Tragwerke beteiligte sich an der Analyse als Ansprechpartner für die Auswirkungen auf die Bausubstanz und kritische Infrastruktur. In diesem Rahmen wurden unter anderem die Auswirkungen auf Brücken und Krankenhäuser genauer betrachtet. Ein Ausfall der Rheinbrücken hätte weitreichende Folgen, nicht nur für Köln, sondern für das gesamte Bundesgebiet, da der Rhein eine der wichtigsten Wasserstraßen Deutschlands ist. Die Untersuchungen zeigen, dass mit gravierenden Schäden an Rheinbrücken und mit deren temporären Ausfall zu rechnen ist. Des Weiteren kann es zu Stromausfällen im Epizentralgebiet und dem angrenzenden Umland kommen. Die Krankenhäuser haben entweder keine Erdbebenauslegung oder sind nur für erheblich geringere Erdbebenlasten ausgelegt.

Trotz der durchaus düsteren Aussichten soll die Risikoanalyse keine Schwarzmalerei sein, sondern vielmehr auf die aktuellen Probleme aufmerksam machen und der Politik die Möglichkeit bieten, diese frühzeitig zu lösen.

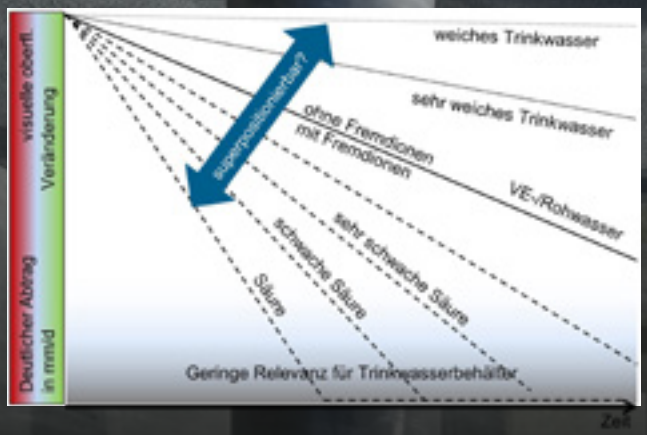
Das Vollständige Dokument ist öffentlich einsehbar und kann online unter https://www.bundestag.de/drucksachen abgerufen werden.

*Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2019"; Okt 2020; Berlin; Drucksache 19/23825 Deutscher Bundestag – 19. Wahlperiode*

Melanie Merkel | Wolfgang Breit

# Hydrolysebeständigkeit von mineralischen Beschichtungen

## Instandsetzungsmörtel auf dem Prüfstand




Auch wenn Trinkwasser allgemein als nicht betonangreifend gilt, werden in der Praxis oftmals bei mineralischen Werkstoffen geschädigte, trinkwasserberührte Oberflächen festgestellt. Insbesondere bei sehr weichem bzw. kalkarmem Wasser kann das bestehende Konzentrationsgefälle zwischen hochalkalischer Porenlösung des Betons oder Mörtels und neutralem Trinkwasser in Verbindung mit der verminderten Bildung von Calciumcarbonat an der Oberfläche zu einem lösenden Angriff des Werkstoffs führen.

Die Beständigkeit gegenüber einem lösenden Angriff bzw. einer hydrolytischen Korrosion wird durch unterschiedliche Wechselwirkungen aus Werkstoff- und Wassereigenschaften beeinflusst, die insbesondere für eine Differenzierung der Einflussparameter und Abschätzung der Dauerhaftigkeit der Auskleidung je nach Angriffsgrad des zu speichernden Wassers nicht ausreichend bekannt sind.

Aus dem Forschungsprojekt „Korrosionsschutz durch mineralische Beschichtungen unter Berücksichtigung der Anforderungen aus dem neuen DVGW-Arbeitsblatt W 300:2014“ konnten bereits Einflussfaktoren auf den Auslaugwiderstand von Instandsetzungsmörteln und Betonen eingegrenzt werden. In dem aktuell neuen, vom DVGW geförderten Forschungsprojekt „Entwicklung eines Prüfverfahrens für die Bewertung der Hydrolysebeständigkeit und der Dauerhaftigkeit mineralischer Beschichtungen in Kontakt mit Trinkwasser“ soll die Beständigkeit von Instandsetzungssystemen systematisch untersucht werden.

Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines beschleunigten und realitätsnahen Prüfverfahrens zur quantitativen Bewertung der Hydrolysebeständigkeit mineralischer Werkstoffe unter Berücksichtigung der für Trinkwasser berührten Betonbauteile relevanten Exposition $X_{TWB}$.

Als weitere Zielsetzung des Forschungsprojektes soll ein Modell entwickelt werden, welches in Abhängigkeit von der Zeit und von der Aggressivität des Wassers eine Abschätzung zur tiefenabhängigen Materialzersetzung ermöglicht und so als Grundlage für die Erstellung einer Lebensdauerprognose der Auskleidung und Berechnung der erforderlichen Schichtdicken verwendet werden kann.

Durch die im Forschungsvorhaben erzielten Ergebnisse können die in den DVGW-Arbeitsblättern W 300-3 und -5 getroffenen Regelungen im Rahmen der laufenden Überarbeitung genauer spezifiziert und falls notwendig auf Basis der wissenschaftlichen Erkenntnisse erweitert werden. Dabei ist es vorgesehen, sowohl das neue Prüfverfahren als auch die Bewertungskriterien im Regelwerk zu verankern. Hierdurch kann Fachplanern und Betreibern eine größere Sicherheit für die dauerhafte Instandsetzung von Trinkwasserbehältern und eine Möglichkeit zur Abschätzung der Restnutzungsdauer in Abhängigkeit von den eingesetzten Materialien und der Wasserqualität gegeben werden.

*Bildquelle: Fritz Wiedemann & Sohn GmbH*

*Bildquelle: Fritz Wiedemann & Sohn GmbH*

Robert Adams | Wolfgang Breit

# Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser – Neues aus der Normung

In zahlreichen Fällen kann es erforderlich sein, die Betondruckfestigkeit in Bauwerken und Bauteilen beurteilen zu müssen, z. B. bei Umnutzungen von Bauwerken, nach Schäden oder bei Zweifeln an der Bauwerksfestigkeit.

Die hierfür maßgeblich DIN EN 13791 zur Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken ist erstmals 2008 eingeführt worden und ersetzte damit nationale Regelungen, die in DIN 1048-2 beschrieben waren. Für die Anwendung in Deutschland wurde die Norm um nationale Regelungen in Form eines Nationalen Anhangs (NA) ergänzt, da in Deutschland etablierte und bewährte Verfahren nicht enthalten waren. Mit der nationalen Änderung DIN EN 13791/A20 wurde der nationale Anhang im Februar 2017 an den zwischenzeitlich gewachsenen Kenntnisstand angepasst. Dabei wurden u. a. die Bewertungsansätze geändert und die indirekte Bewertung mittels Q-Werten aufgenommen.

In einem längeren Prozess wurde die europäische Norm EN 13791 in den zurückliegenden Jahren überarbeitet und liegt mit Ausgabedatum Februar 2020 nunmehr in einer novellierten, vollständig überarbeiteten Form vor.

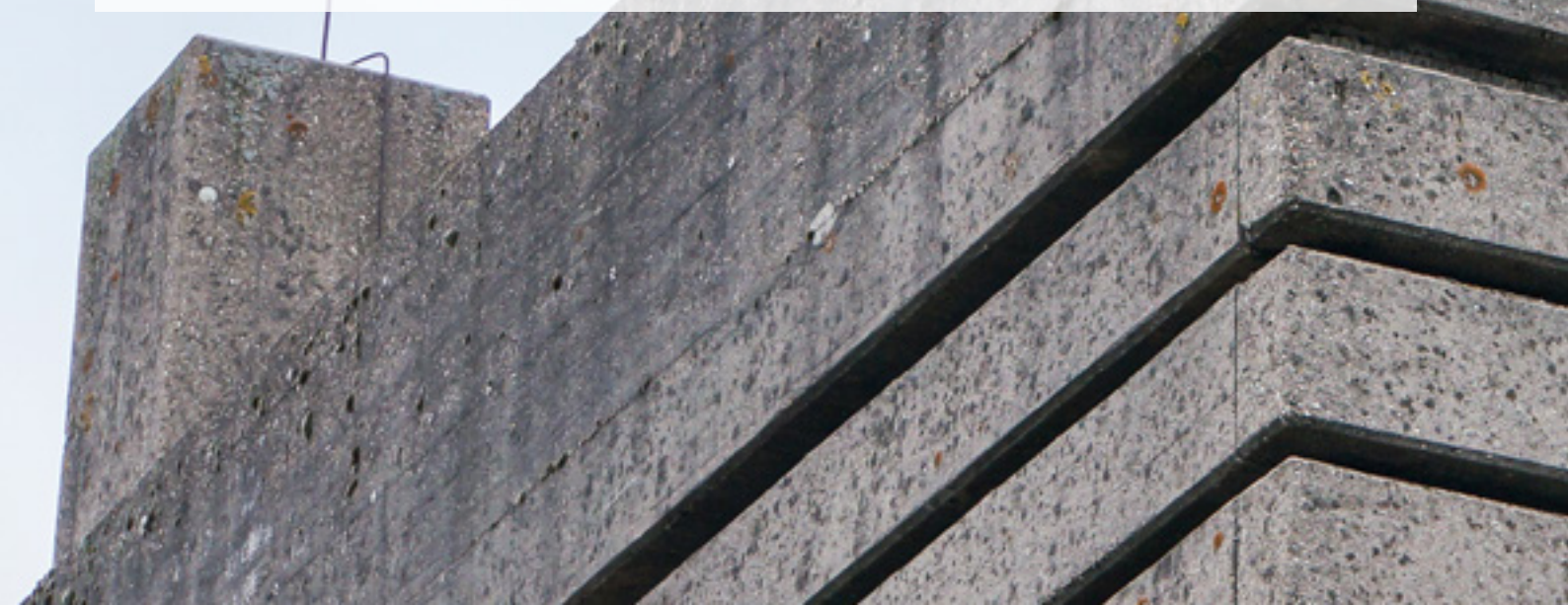
Das Hauptaugenmerk der Norm liegt auf der Bestimmung der charakteristischen Druckfestigkeit von Bauwerksbeton in Verbindung mit DIN EN 1990 und DIN EN 1992-1-1 (EC 2).

Gegenüber den Vorgängernormen unterscheidet sich die Neufassung inhaltlich vor allem durch eine Präzisierung der Anwendungsfälle sowie eine deutlich stärkere Betonung der statistischen Grundlagen bei der Beschreibung der Vorgehensweise im jeweiligen Anwendungsfall und geänderte Bewertungsansätze.

Während bei der Bewertung von Bauwerksbeton zu statischen Zwecken davon ausgegangen wird, dass die Festigkeit grundsätzlich nicht bekannt ist, so dass keine diesbezüglichen Annahmen getroffen werden und die Unsicherheit in der Aussage berücksichtigt werden muss, geht man bei der Bewertung eines im Bau befindlichen Tragwerks i. A. davon aus, dass die Druckfestigkeit im Rahmen der Leistungserklärung des Betonherstellers bekannt und im Rahmen der Konformitätsprüfung nachgewiesen ist. Für den Fall, dass im Rahmen der Annahmeprüfung die Identität nicht nachgewiesen werden kann und/oder Zweifel an der Ausführungsqualität bestehen, muss in diesem Fall lediglich mit statistischen Methoden (Hypothesenprüfung) untersucht werden, ob der eingebaute Beton der vorgesehenen Druckfestigkeitsklasse entspricht.

Die unterschiedlichen Verfahren führen aufgrund unterschiedlicher statistischer Ansätze zu signifikant unterschiedlichen Ergebnissen!

Um dem Anwender der Norm weitere Informationen zu geben wurde in Anhang A (informativ) eine umfangreiche Anleitung zur Durchführung einer Bauwerksuntersuchung zur Verfügung gestellt.



Weiterhin steht mit prCEN/TR 17086 (Entwurfsfassung 2019-09) ein Technischer Bericht zur Verfügung, in dem eine weiterführende Anleitung zur Anwendung von DIN EN 13791 gegeben und Hintergründe zu den Regelungen vorgestellt werden.

DIN EN 13791 enthält als direktes Verfahren zur Bestimmung der Bauwerksfestigkeit die Bohrkernprüfung nach DIN EN 12504-1 sowie als indirekte Verfahren die Rückprallprüfung nach DIN EN 12504-2 und die Bestimmung der Ultraschallgeschwindigkeit nach DIN EN 12504-4. Die Bestimmung der Ausziehkraft nach DIN EN 12504-3 ist nicht mehr als Prüfverfahren in DIN EN 13791 enthalten, wird jedoch noch im Anhang erwähnt.

Die bisherige Möglichkeit der Kalibrierung indirekter Prüfmethoden an Bohrkernen für einen eingeschränkten Druckfestigkeitsbereich unter Anwendung einer zuvor aufgestellten Beziehung und Bewertung der Druckfestigkeit von Bauwerksbeton durch Verschiebung einer in der Norm vorgegebenen Bezugskurve, ist nicht mehr in der Norm enthalten.

Die novellierte Fassung der DIN EN 13791 ist bisher noch nicht in die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) aufgenommen worden, so dass die alten Normen DIN EN 13791:2008 und NA20:2017 damit bis auf weiteres ihre Gültigkeit behalten.

Die Aufnahme der novellierten Fassung in die MVV TB als Ersatz für die alte Norm kann erst nach Vorliegen eines NA und dessen Überprüfung vorgeschlagen werden.

Der Entwurf des nationalen Anhangs ergänzt bzw. präzisiert die Regelungen der DIN EN 13791 für die Anwendung in Deutschland.

Er enthält u. a. Regelungen für den Fall, dass die Bewertung der Druckfestigkeit anhand von weniger als 8 Bohrkernen mit Durchmesser ≥ 75 mm bzw. weniger als 12 Bohrkernen mit Durchmesser 50 mm ≤ d < 75 mm erfolgen soll. Diese Regelungen entsprechen im Wesentlichen dem bisherigen modifizierten Ansatz B von DIN EN 13791/A20.

Darüber ermöglicht er die Anwendung des als Bezugsgerade W bekannten Verfahrens und der in Deutschland etablierten und bewährten Methode der Bewertung der Bauwerksfestigkeit von Bestandsbauten auf der Grundlage indirekter Verfahren ohne Korrelation mit der Bohrkernfestigkeit, d. h. ausschließlich auf der Grundlage der Rückprallprüfung (R- und Q-Werte).

Zusätzlich werden im Nationalen Anhang Empfehlungen und Hinweise angeführt, welche im Zusammenhang mit der Anwendung der verschiedenen Verfahren zur Prüfung der Bauwerksdruckfestigkeit in Deutschland stehen. Das betrifft insbesondere die Ermittlung einer Korrelation von Prüfdaten aus einer indirekten Prüfung und aus Bohrkernen.

Der Entwurf des NA konnte zum Ende des Jahres 2020 fertiggestellt werden und wird nun in den übergeordneten Gremien vorgestellt.

**Konsequenzen für DIN 1045-2:**

Auch wenn das Projekt gerade erst zu Ende geht, zeigen sich doch schon erste Erfolge. Die Untersuchungen im Rahmen des Projekts haben sehr positive Ergebnisse gezeigt und werden im Rahmen der Überarbeitung der DIN 1045-2 berücksichtigt. Geplant wird die bisherige Regelung für den Einsatz von wiedergewonnener Gesteinskörnung aufzuweiten und unter bestimmten Vorraussetzungen in Zukunft Mengenanteile von bis zu 25 % zuzulassen.

# RC-Frisch – Der etwas andere Roadtrip geht in die nächste Runde

Bereits vor zwei Jahren hatte ich die Möglichkeit, an dieser Stelle über ein Forschungsprojekt zu berichten, dass mir einen Roadtrip der etwas anderen Art beschert hat. Im Jahr 2020 ist das Projekt in die letzte Phase, die Praxisphase, gestartet, so dass ich mich noch einmal „on the road" begeben und Praxisluft schnuppern durfte.

Bei dem Forschungsprojekt „Steigerung des Frischbetonrecyclings in der Transportbetonindustrie – Beitrag zur Ressourcenschonung und Abfallvermeidung bei Steigerung der Wirtschaftlichkeit" (RC-Frisch) handelt es sich um ein AiF-gefördertes Projekt, das durch das Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen der Technischen Universität Kaiserslautern in Zusammenarbeit mit dem Bundesverband der Deutschen Transportbetonindustrie e.V. (BTB) bzw. der Forschungsgemeinschaft Transportbeton e.V. (FTB) initiiert wurde. Hierbei sollte untersucht werden, ob es möglich ist, größere Mengen wiedergewonnener Gesteinskörnung aus Restbeton im Beton wieder einzusetzen, ohne negative Auswirkungen auf die Qualität befürchten zu müssen.

Im Allgemeinen werden die anfallenden Restbetonmengen innerhalb der Werke auf unterschiedliche Weise aufbereitet. Gängige Varianten sind zum einen das Entleeren in eine Frischbetonrecyclinganlage und zum anderen das Erhärten lassen und anschließende Brechen. Die wiedergewonnene Gesteinskörnung darf nach den Vorgaben der Regelwerke jedoch nur bis zu 5 M.-% ohne weitere Aufbereitung im Beton wieder eingesetzt werden. Ziel des Projekts ist es deshalb, die 5 M.-%-Grenze zu erhöhen, um eine vollständige Abfallvermeidung innerhalb der Transportbetonindustrie zu erreichen.

Im ersten Schritt wurde zunächst eine Umfrage bei Transportbeton- und Betonfertigteilwerken durchgeführt, um den aktuellen IST-Zustand in der Restbetonaufbereitung zu erheben. Im nächsten Schritt folgten dann Materialuntersuchungen, die mir zu meinem ersten Roadtrip verholfen haben. In verschiedenen Werken, die quer über Deutschland verteilt lagen, habe ich Proben wiedergewonnener Gesteinskörnung gesammelt, um sie anschließend im Labor zu analysieren. Um sicherzustellen, dass die Gesteinskörnung keinen negativen Einfluss auf das Endprodukt Beton hat, müssen nämlich zuerst einmal die Eigenschaften des Ausgangsmaterials bekannt sein. Im Anschluss daran wurden die Systemgrenzen zunächst in theoretischen Betrachtungen abgeschätzt und dann in Laboruntersuchungen überprüft. Nach positiven Ergebnissen in den Laborversuchen, sollte es dann Anfang des Jahres noch mal in die Tranpsortbetonwerke gehen. Auf zu Roadtrip Nummer zwei. Leider hat uns Corona da zunächst erstmal, wie sicher auch vielen anderen, einen Strich durch die Rechnung gemacht. Mit Lockdown und Minimalbetrieb an der Technischen Universität Kaiserslautern lag das Projekt auf unbestimmte Zeit auf Eis. Glücklicherweise besserte sich aber die Situation in der zweiten Jahreshälfte und es ist irgendwie gelungen während der Hochkonjuktur der Transportbetonwerke doch noch Zeitfenster in zwei Werken zu finden, in denen unsere Versuchsbetonagen stattfinden konnten. Also habe ich im September zum zweiten Mal mein Material ins Auto gepackt und mich auf den Weg gemacht. Dieses Mal mit Mundschutz und einem riesigen Berg Schalungen, um Proben herzustellen, die wir später im Labor prüfen konnten.

Solche Tage sind anstrengend, aber auch immer sehr spannend, weil sie einem die Möglichkeit geben, aus dem wissenschaftlichen Alltag rauszukommen und einen Einblick in die tägliche Praxis eines Transportbetonwerks zu erhalten. Außerdem habe ich festgestellt, dass man alles noch so akribisch planen kann, trotzdem passiert immer wieder etwas Unvorhergesehenes, auf das man spontan reagieren muss. So hatte ich auch diesmal wieder die Möglichkeit viel Neues kennenzulernen und bin um einige Erfahrungen reicher nach Hause gekommen.

Und so geht ein spannendes Projekt langsam zu Ende, dass mich immer wieder sehr gefordert hat, mir aber auch viele tolle Einblicke gewährt hat, die ich rückblickend nicht missen möchte.

# Aus Alt mach Neu

## Entwicklung eines innovativen Wandfüllstoffs auf Basis von In-Situ-Mining

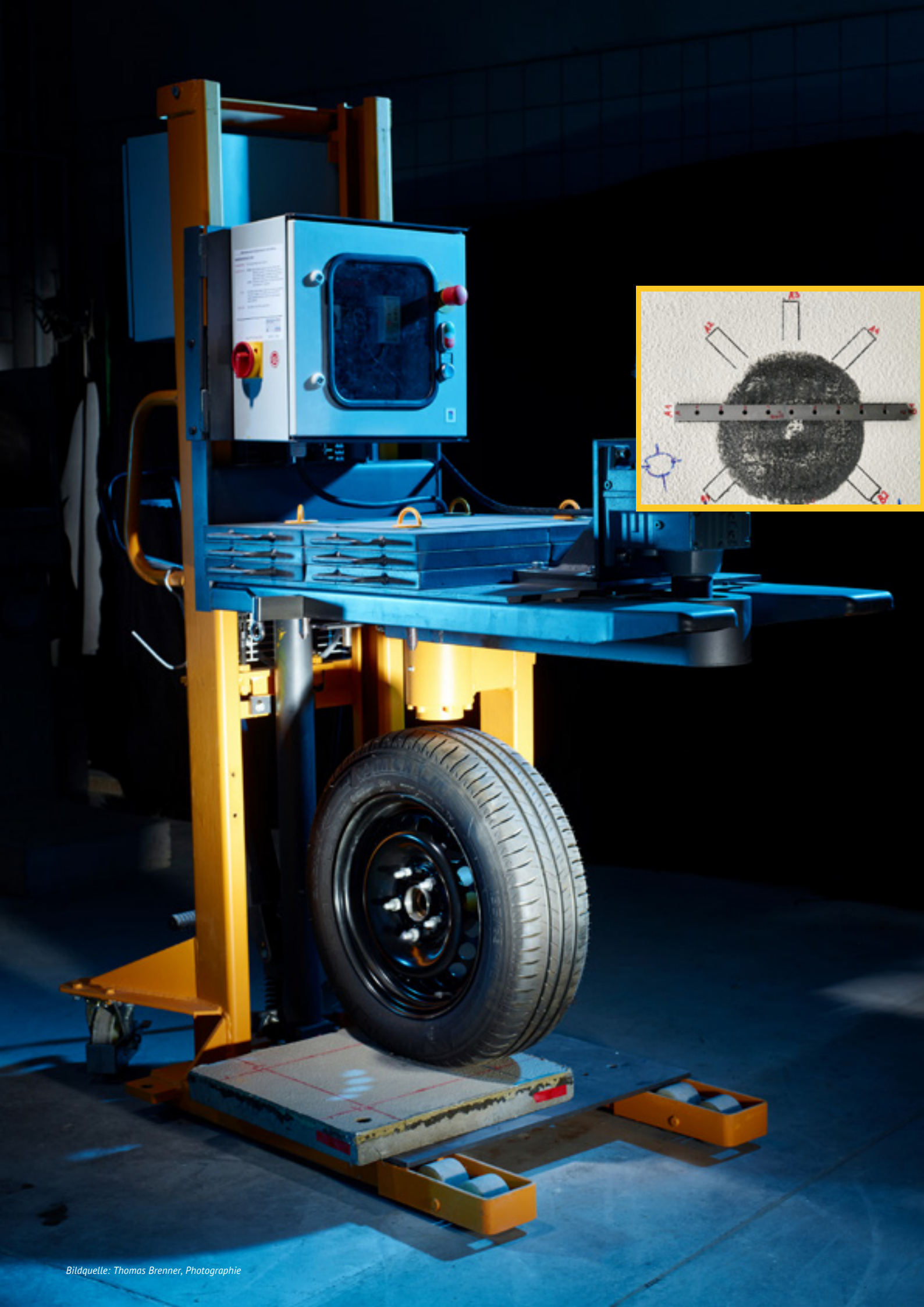
Altbauten können einen ganz besonderen Reiz haben und gut erhaltene Altbauten werden oftmals als Zierde angesehen. Nichtsdestotrotz entsprechen viele Altbauten nicht mehr den Ansprüchen der heutigen Zeit. Sanierungen sind jedoch meist aufwändig und teuer. Häufig kommt es zu Leerständen. Ein Abriss, um Platz für Neubauten zu schaffen, birgt meist ebenfalls hohe Kosten. Nicht nur der Abbruch muss finanziert werden, Kosten entstehen auch bei der notwendigen Entsorgung des Abbruchmaterials, ganz zu schweigen davon, dass eine Entsorgung auf der Deponie einem nachhaltigen Umgang mit Ressourcen entgegenspricht.

Aufgrund technischer und normativer Beschränkungen ist eine hochwertige Wiederverwendung von mineralischen Bauabfällen beispielsweise als Gesteinskörnung im Beton bisher nur in begrenztem Umfang möglich. Der Großteil wird nach wie vor als Unterbau im Straßen- und Wegebau genutzt oder deponiert. Für den Einsatz im Beton dürfen außerdem nur rezyklierte Gesteinskörnungen genutzt werden, die mindestens 70 % hochwertigen Betonbruch oder natürliche Gesteinskörnung enthalten. Störstoffe wie Gips dürfen mit einem maximalen Anteil von nur 0,5 % enthalten sein. Dieses Konzept mag in Ballungsräumen funktionieren, in denen die Wege kurz sind und hochwertiger Betonbruch in größeren Mengen verfügbar ist, auf ländliche Gebiete ist es jedoch kaum anwendbar, da oftmals die notwendige Infrastruktur fehlt und eine größere Materialdiversität vorherrscht. Hier braucht es neue, an die Umgebung und an die Materialvielfalt angepasste Konzepte.

Das vom Bauforum Rheinland-Pfalz finanzierte Forschungsprojekt „Entwicklung eines innovativen Wandfüllstoffs auf Basis von In-Situ-Mining“ verfolgt daher einen neuen Ansatz. Im Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen der Technischen Universität Kaiserslautern soll ein Wandfüllstoff auf Basis rezyklierter Gesteinskörnung – abweichend vom Typ 1 oder 2 der DAfStb-Richtlinie „Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen“ entwickelt werden, der in Holzspansteinen eingesetzt werden kann. Normalerweise werden solche Holzspansteinwände auf der Baustelle durch einen Standardkern aus Normalbeton ergänzt, um die notwendige Stabilität bzw. Standsicherheit zu erhalten. Die Wände können vorher im Werk gefertigt, am Bauplatz aufgestellt und vor Ort verfüllt werden, was eine schnelle Umsetzung von Bauprojekten in Massivbauweise ermöglicht. Der neue Wandfüllstoff muss also die statischen Aufgaben des Betonkerns übernehmen, soll aber gleichzeitig das Konzept der $CO_2$-Einsparung unterstützen. Basis soll rezyklierte Gesteinskörnung sein, die direkt vor Ort aus dem Abbruch von alter Bausubstanz gewonnen wird. Hier ist eine unter Umständen große Materialvielfalt zu erwarten. Aus diesem Grund ist es nötig das Bindemittelsystem deutlich stärker an die vorhandenen Rohstoffe anzupassen, als das bisher üblich ist. In dem im September 2020 gestarteten Projekt sollen daher zunächst Bindemittel bzw. Bindemittelkombinationen qualifiziert werden, die auch bei der zu erwartenden Materialvielfalt zuverlässig die nötigen Anforderungen an Verarbeitbarkeit, Festigkeitseigenschaften, Verträglichkeit mit Störstoffen und geringe $CO_2$-Bilanz erfüllen.

Nach dem Motto „aus ALT macht NEU“ sollen auf diese Weise nicht mehr zeitgemäße Bauten einer neuen Verwendung zugeführt und gleichzeitig eine ressourcenschonende Bauweise unterstützt werden.

Im Rahmen der Auftaktveranstaltung „Klimabündnis Bauen in Rheinland-Pfalz – nachwachsende und kreislaufeffiziente Rohstoffe stärken“, die am 10.12.2020 online stattfand, bestand nun die Möglichkeit das Projekt auch einem Fachpublikum vorzustellen. Im ersten Teil kamen unter anderem Frau Ministerin Doris Ahnen vom Ministerium für Finanzen Rheinland-Pfalz und Frau Ministerin Ulrike Höfken vom Ministerium für Umwelt, Energie Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz zu Wort. Im zweiten Teil fanden in kleineren Gruppen Gesprächsrunden zu den im geplanten Klimabündnis verankerten Handlungsfeldern statt. Für das Handlungsfeld Förderung innovativer Modellprojekte wurde das Projekt „Entwicklung eines innovativen Wandfüllstoffs auf Basis von In-Situ-Mining“ als eines von zwei Modellprojekten ausgewählt, um die bisherigen Anstrengungen des Landes in den Bereichen Forschung zur Unterstützung eines nachhaltigen Umgangs mit unseren Ressourcen darzustellen. In insgesamt drei Diskussionsrunden wurde das Projekt vorgestellt.

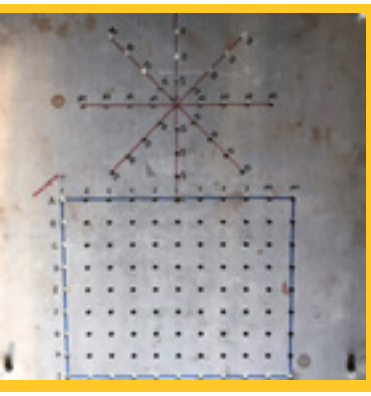


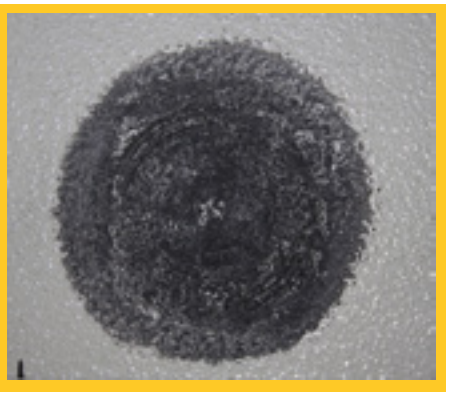
*Bildquelle: Thomas Brenner, Photographie*

Jonas Lillig | Sara Blietschau | Joachim Schulze | Wolfgang Breit

# In Wirklichkeit ist die Realität ganz anders

## Regelwerkentwurf zur realitätsnahen Bestimmung des Verschleißwiderstands befahrener OS-Systeme





Zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Stahlbetonkonstruktionen werden auf befahrenen Bauteiloberflächen Oberflächenschutzsysteme appliziert. Werden diese im Rahmen der Nutzung durch mechanische Beanspruchungen geschädigt, verlieren sie ihre schützende Wirkung und ermöglichen das Eindringen von Chloriden. Eine präzisere Vorhersage des Verschleißwiderstandes einzelner Oberflächenschutzsysteme soll eine Anpassung an die Beanspruchungsintensität im Planungsprozess ermöglichen und Systemausfälle vermeiden.

Die in den aktuellen Regelwerken vorgesehenen Prüfvorschriften zur Bestimmung des Widerstandes gegen eine mechanische Einwirkung stellen die Beanspruchungssituation nicht realitätsnah dar. Beim in den zurückliegenden Jahren am Fachgebiet Werkstoffe für Bauwesen der Technischen Universität Kaiserslautern weiterentwickelten Parking Abrasion Test (PAT) hingegen, wird durch Drehung eines PKW-Reifens auf einem beschichteten Betongrundkörper ein Schadensbild erzeugt, welches den Verschleißbildern von Rampen und Anfahrtsbereichen in Parkhäusern entspricht. In der Fachwelt stößt das Prüfverfahren dadurch auf positive Resonanz und soll im Rahmen eines laufenden WIPANO Forschungsvorhabens (WIPANO – Wissen- und Technologietransfer durch Patente und Normen) in ein Regelwerk überführt werden.

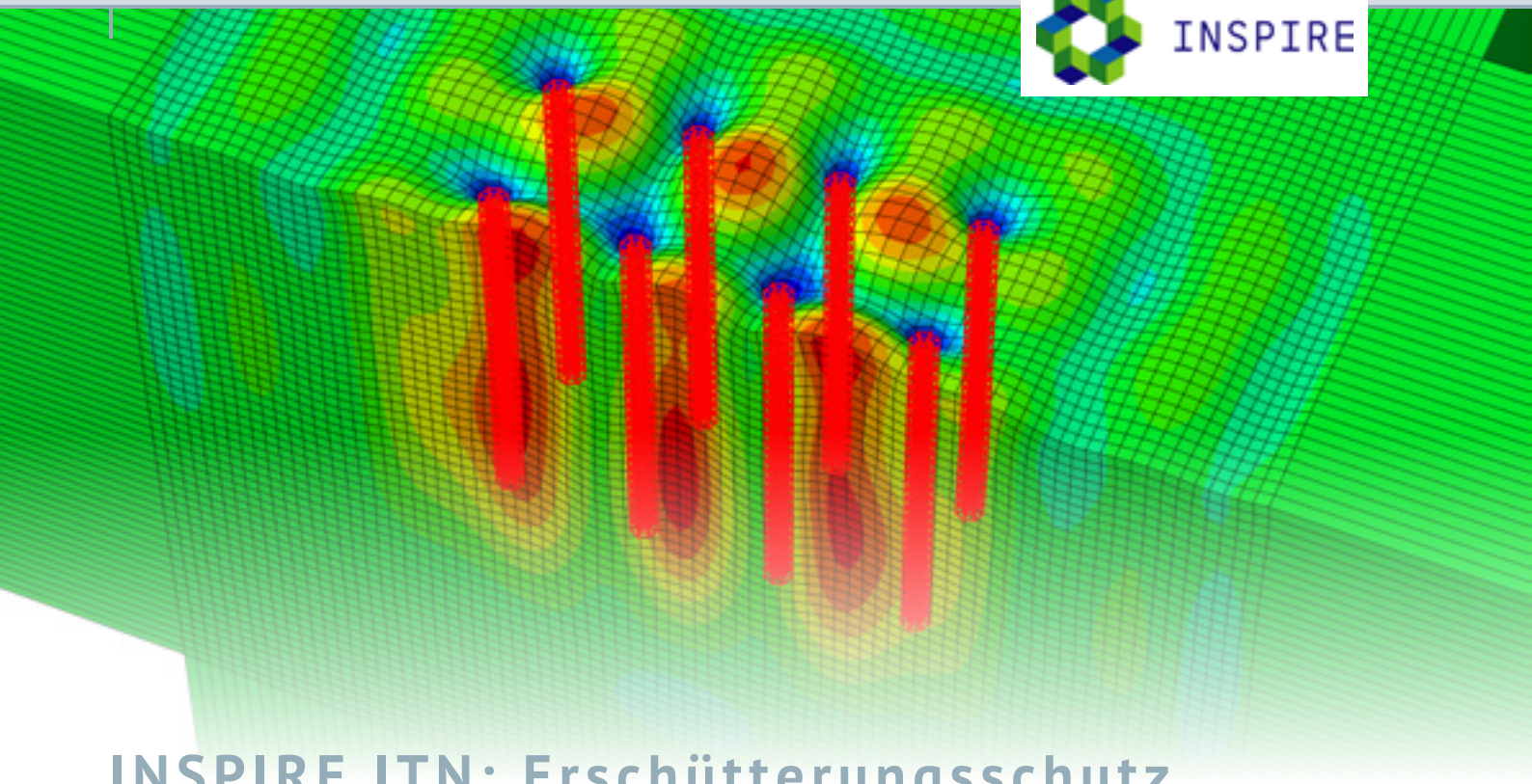
Zur Erstellung eines Normentwurfs müssen für die verschiedenen Prüfparameter Festlegungen getroffen werden. Dazu wird beispielsweise der Einfluss von Reifenart, Drehgeschwindigkeit und Pausenzeiten auf den Verschleißwiderstand untersucht.

Neben einer laserbasierten Auswertung wird aktuell eine händische Messmethode zur Bestimmung des Verschleißes entwickelt, die sich für die praktische Anwendung eignet und die Unterscheidung zwischen Systemen hohen, mittleren und geringen Verschleißwiderstands ermöglicht. Da die am Fachgebiet entwickelte Lasermesstechnik in der Auswertung auf der einen Seite zwar sehr genau, auf der anderen Seite aber recht aufwändig und kompliziert ist, wird parallel dazu die bereits vorhandene Lasermesstechnik als alternatives Messverfahren durch einen modifizierten Messaufbau sowie eine überarbeitete, Anwender freundlichere MATLAB-Auswertung verbessert und vereinfacht.

Sobald die gewonnenen Erkenntnisse in einer Verfahrensvorschrift zusammengefasst werden können, sollen sowohl die Vergleichs- als auch die Wiederholpräzision in einem Laborvergleichsversuch mit insgesamt vier Teilnehmern bestimmt werden.

Diese Verfahrensvorschrift soll in einer DAfStb-Richtlinie münden, die, wenn ausreichende praktische Anwendungserfahrung vorliegt, schließlich in eine Norm überführt werden soll. Damit könnte zukünftig ein Vergleich verschiedener Beschichtungssysteme hinsichtlich ihres Verschleißwiderstandes erfolgen, sodass der Bauherr die Auswahl eines Oberflächenschutzsystems nach dem von ihm prognostizierten Verkehrsaufkommen vornehmen kann. Zielsetzung ist es, dadurch teure Instandsetzungsmaßnahmen und dazu notwendige Sperrungen im Parkhaus vermeiden zu können.

Georgia Efthymiou | Christos Vrettos



# INSPIRE ITN: Erschütterungsschutz mittels Metamaterialien

Der Forschungsverbund INSPIRE, gefördert durch das EU-Rahmenprogramm für Forschung und Innovation Horizont 2020 als Marie Sklodowska-Curie Innovative Training Network (ITN), vereinigt 7 europäische Universitäten und 5 Unternehmen, die sich mit der Implementierung neuartiger Konzepte zum effizienten Schutz von Bauwerken vor Erdbeben und anderen Lärm- und Erschütterungsquellen befassen. Das Fachgebiet Bodenmechanik und Grundbau ist einer der Projektpartner. Das Vorhaben stützt sich auf innovative wissenschaftliche und technologische Methoden, die im Rahmen des umfassenden Konzepts von Metamaterialien entwickelt wurden. Der Begriff Metamaterial bezieht sich auf natürliche oder künstliche Materialien oder Strukturen, die besondere Eigenschaften zur Reduktion oder Konditionierung der Wellenausbreitung in allen Raumrichtungen über breite Frequenzbereiche aufweisen. Sie finden bereits erfolgreiche technologische Anwendungen für hochfrequente elektromagnetische, optische, thermische oder akustische Wellen mit Wellenlängen begrenzt auf mikro- und mesoskopischen Skalen.

Insgesamt 14 junge Wissenschaftler*innen bearbeiten als sogenannte Early Stage Researcher (ESR) die einzelnen Teilprojekte. Die Forschung an der Technischen Universität Kaiserslautern konzentriert sich auf die Entwicklung von neuartigen, konfigurierbaren Pfahlsystemen für die effiziente, frequenzabhängige Schwingungsabschirmung von Gebäuden. Zu den Aufgaben gehört die Bewertung potenzieller Hotspots hinsichtlich Anforderungen und entsprechender Spezifikation, Anregungscharakteristik (Frequenzspektrum und Amplitude), Bodentyp (Ton, Sand) und Art der konstruktiven Maßnahme (Pfahlbarriere oder Pfahlgründung). Die verfügbaren analytischen Verfahren und numerischen Algorithmen müssen dem sehr breiten Frequenzspektrum angepasst werden. Die – im Vergleich zu seismischen Anregung – kleinen Dehnungen erlauben den Einsatz elastischer Formulierungen für das räumliche Bodenkontinuum. Mit Hilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) werden Konfigurationen irregulärer Geometrie unter 3D Bedingungen analysiert und die Eignung spezieller Software für Systeme mit großen Abmessungen überprüft. Die FEM ermöglicht die Abbildung von komplexen Geometrien sowie die Einbeziehung von lokalen Inhomogenitäten mit nichtlinearen Eigenschaften. Die Validierung der Algorithmen anhand von Messungen an realen Objekten ist ebenfalls vorgesehen. Das zu entwickelnde numerische Werkzeug wird die Optimierung des Erschütterungsschutzes bei Bauwerken durch eine gezielte Konfiguration der aus statischen Aspekten erforderlichen Pfahlgründung ermöglichen. Während das Hauptanwendungsgebiet im Hochbau liegen wird, sind die entwickelten Methoden auch auf allgemeine Verbundmaterialien mit einer visko-elastischen Matrix übertragbar.

## SeRaMCo – Erstes Pilotprojekt in Frankreich fertiggestellt

Im September 2020 wurde das erste SeRaMCo-Pilotprojekt auf dem Rastplatz an der A31 „Aire de Thionville – Porte de France“ in Frankreich fertiggestellt. Es handelt sich um eine Wand aus L-Fertigteilen mit integriertem Namen des Rastplatzes, die den Besucher dort willkommen heißt. Die aus fünf Teilen zusammengesetzte Wand ist 27 Meter lang, einen Meter hoch und 15 Zentimeter dick. Sie besteht zu 100 % aus Recyclingbeton und wurde vom Partner-Fertigteilwerk Beton Betz nach Entwürfen des Projektpartners TU Delft hergestellt. Dazu hatten die beteiligten Partner-Universitäten die geeignete Beton-Rezeptur erforscht, Partner Tradecowall hatte die rezyklierte Gesteinskörnung und Partner Vicat den entsprechenden Zement geliefert. Projektpartner Cerema sorgte zusammen mit dem Bauträger DIR EST vor Ort für die fachgerechte Implementierung der Wand. Somit erreicht unser Projekt eine hohe Sichtbarkeit und zeigt den vielen Besuchern, dass die Fertigung ansprechender Betonfertigteile aus Sekundärrohstoffen sehr gut möglich ist. Das auf YouTube veröffentlichte Video zeigt mehr dazu: https://www.youtube.com/watch?v=GdPJygjUZhs

## SeRaMCo – Baubeginn 2. Pilotprojekt in Pirmasens

Am 1. Oktober 2020 war in Pirmasens der Baubeginn für das zweite SeRaMCo-Pilotprojekt. In den kommenden Wochen entsteht auf dem verkehrsgünstig gelegenen Gelände Husterhöhe mit einer Fläche von knapp fünf mal sieben Metern ein Pavillon aus Fertigteilen unter Verwendung von recycelten Baumaterialien. Bürgermeister Maas und Professor Glock gaben vor Ort für die anwesende Presse eine kurze Vorstellung des Projekts. Dabei wurde auch ein Gruß von Frau Staatssekretärin Steingaß aus dem Innenministerium Mainz als Videobotschaft abgespielt, ebenso von dem Architekt Henri van Bennekom von der TU Delft, der sein Pavillon-Design vorstellte.

## Erstes SeRaMCo-Online-Seminar sehr erfolgreich

Am 22.6.2020 fand sehr erfolgreich das erste SeRaMCo-Online-Seminar mit 80 nationalen und internationalen Teilnehmern statt. Die SeRaMCo-Partner präsentierten unterschiedliche und sehr interessante Vorträge vor Fachpublikum aus Forschung, Wirtschaft und Fachverbänden. So referierte u.a. Alessio Rimoldi, Secretary General vom Betonfachverband BIBM, über das Bauen im Jahr 2050, angestrebte Null-Emissionen und die Wertschöpfungskette im Bauwesen. Anja Tusch, Wissenschaftliche Mitarbeiterin am FG Werkstoffe im Bauwesen, stellte ihre neuesten Forschungsergebnisse vor u.a. die Herausforderungen, die es bei der Verwendung von Recycling-Beton aus unbekannten Herkunftsquellen zu meistern gilt. Als Fazit fasste Prof. Dr-Ing. Christian Glock zusammen, dass es heute schon möglich ist, Recyclingbeton in vielen Bereichen einzusetzen; es gilt jedoch, die entsprechenden Regelungen und Vorschriften anzupassen sowie Anreize zu schaffen und den Verbrauch natürlicher Rohstoffe entsprechend zu bepreisen. Weitere Informationen unter: https://www.nweurope.eu/seramco/

## SeRaMCo – Finalist bei Regiostars Awards 2020

Am 14. Oktober 2020 fand die alljährliche Verleihung der Regiostars Awards 2020 statt, ein rennomierter Preis für europäische Forschungsprojekte. Die Verleihungsveranstaltung wurde von DG Regio als aufwändiges Live Online Event durchgeführt, bei dem aus 6 Kategorien (5 Standard-Kategorien und ein Publikumspreis) jeweils ein Gewinner nominiert wurde. Das vom Fachgebiet geführte europäische SeRaMCo-Forschungsprojekt wurde unter der Rekordzahl von 206 vom Projektträger eingereichten Projekten als einer der 25 Finalisten in der Kategorie “Circular economy for a green Europe” ausgewählt. Der Preis dieser Kategorie ging an das Projekt “Take the cool food challenge”. Das SeRaMCo-Team gratuliert herzlich. Der für diese Veranstaltung produzierte SeRaMCo Kurzfilm lässt diesmal Kinder zu Wort kommen und ist auf YouTube abrufbar: https://www.youtube.com/watch?v=6hf7D4EcHRg

*Bildquelle: Copyright Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V.*

## Felix Fabian Ruppert erhält Master-Förderprogramm der Kalksandsteinindustrie

Anlässlich der Feierlichkeiten zu „125 Jahre industrielle Herstellung von Kalksandsteinen“ hat der Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. ein Stipendienprogramm für den Nachwuchs im akademischen Bereich im Masterstudium ausgelobt. Hier soll auch die Zusammenarbeit zwischen Studierenden und der KS-Industrie entstehen, z. B. in Studienarbeiten oder der abschließenden Masterarbeit. Wir freuen uns, dass unser Student Felix Fabian Ruppert als einer von zwei deutschen Bauingenieurstudenten für dieses Stipendienprogramm ausgewählt wurde, neben zwei deutschen Architekturstudentinnen. Am 23.06.2020 fand in Hannover die feierliche Übergabe der Urkunde durch das Vorstandsmitglied Jan Dietrich Radmacher und dem Geschäftsführer Roland Meißner des Bundesverbandes Kalksandsteinindustrie e.V. statt. Das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion sowie der Fachbereich Bauingenieurwesen gratulieren Herrn Ruppert herzlich.

## Neues internationales Forschungsvorhaben CIRMAP

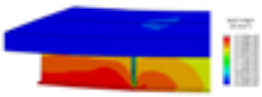
Das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion wird in den kommenden drei Jahren gemeinsam mit insgesamt 13 internationalen Partnern aus Wissenschaft, Industrie und dem öffentlichen Sektor im Rahmen des EU gefördertem Forschungsvorhaben CIRMAP mit rund 7,8 Mio. EUR Gesamtvolumen die Entwicklung des Beton-3D-Drucks mit Mörteln aus recyceltem Material weiter vorantreiben. Im Rahmen des Vorhabens sollen zur Produktion von „nicht tragenden“ Elementen die beim Recyclingprozess des Betons entstehenden Feinanteile, die nicht für herkömmlichen R-Beton genutzt werden dürfen, verwendet werden. Dabei kann auf Erkenntnisse aus dem laufenden Forschungsvorhaben SeRaMCo zurückgegriffen werden, das die Wertschöpfungskette zur Herstellung von Fertigteilen aus R-Beton untersucht.

## Online Weiterbildung für Tragwerksplaner mit 350 Teilnehmenden

Erstmals wurde am 26.08.2020 die etablierte Veranstaltungsreihe „Weiterbildung für Tragwerksplaner“ als Online-Seminar gemeinsam mit der TU Darmstadt durchgeführt. Insgesamt kamen rund 350 Teilnehmer im virtuellen Konferenzraum zusammen. Die Veranstalter der Fachgebiete Massivbau und Baukonstruktion sowie Stahlbau konnten ein interessantes Programm zum Thema Bauen im Bestand zusammenstellen und folgende Experten zum Thema gewinnen: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Jürgen Schnell, Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx, TU Dresden, Dr.-Ing. Michael Weber, Ingenieurgruppe Bauen GmbH sowie Dipl.-Ing. Robert Bauer, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG. Die Einführung und Moderation übernahm Professor Glock vom Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion ebenso wie einen Vortrag zu den Grundlagen „Bauen im Bestand“.

## Weiterbildung für Tragwerksplaner zur nichtmetallischen Bewehrung

Nach der erfolgreichen ersten Herbstveranstaltung „Weiterbildung für Tragwerksplaner“ als Online-Seminar war auch die zweite Veranstaltung am 09.09.2020 mit rund 250 Teilnehmern im virtuellen Konferenzraum ein großer Erfolg. Die Veranstalter der Fachgebiete Massivbau und Baukonstruktion sowie Stahlbau konnten ein interessantes Programm zum Thema „Nichtmetallische Bewehrung“ zusammenstellen und folgende Experten zum Thema gewinnen: Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn aus unserem Fachgebiet, Dr.-Ing. Lars Eckfeldt vom DIBt, Redouan El-Ghadioui M.Sc. von der TU Darmstadt, Dr.-Ing. Frank Schladitz von der TU Dresden, Prof. Dipl.-Ing. Josef Kurath vom ZAHW Winterthur sowie Dipl.-Ing. Oliver Heppes von Goldbeck Bauelemente. Nach der Begrüßung durch Professor Glock übernahm Kollege Graubner die Moderation der Gemeinschaftsveranstaltung.



## FE-Leitfaden des DASt erschienen

Im Jahr 2018 wurde im Rahmen des 21. DASt-Forschungskolloquiums an der Technischen Universität Kaiserslautern ein Weiterbildungsseminar für wissenschaftliche Mitarbeiter der deutschsprachigen Stahlbaulehrstühle ins Leben gerufen, das jährlich abgehalten werden soll und sich jeweils einem spezifischen Forschungsthema widmet. Die erste Veranstaltung an der Leibniz-Universität Hannover hatte die FE-Simulation im Stahlverbundbau zum Thema. Im Ergebnis dieser Tagung wurde durch Dipl.-Ing. Claudia Seck, Technische Universität Kaiserslautern, Johannes Schorr, M.Sc., Universität Stuttgart und Joshua Henneberg, M.Sc, Leibniz-Universität Hannover ein Leitfaden zur Anwendung von Finite-Elemente-Berechnungen im Stahlverbundbau erarbeitet. Der „Leitfaden zur Dokumentation – FE-Berechnungen im Verbundbau“ des Deutschen Ausschusses für Stahlbau (DASt) ist auf der Website des DASt vor dem 22. DASt-Forschungskolloquium veröffentlicht worden. Er kann unter dem Link https://dast.deutscherstahlbau.de/veroeffentlichungen/forschungsberichte-1 heruntergeladen werden.

## URBCON Projekttreffen in Gent

Bevor aufgrund der Corona-Pandemie viele Projekttreffen in den virtuellen Raum verlegt werden mussten, trafen sich am 16. und 17. Januar 2020 die 13 URBCON Projektpartner aus vier europäischen Ländern in Gent, Belgien, dabei auch das Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen der Technischen Universität Kaiserslautern. Diskutiert wurde am ersten Tag über die erzielten Fortschritte im Hinblick auf die Entwicklung von Betonzusammensetzungen mit hohem Anteil an Sekundärrohstoffen und rezyklierten Materialien. Ziel ist statt Zement auf alkalisch aktivierbare Sekundärrohstoffe wie Stahlschlacken oder kalzinierte Tone zurück zu greifen und dieses Bindemittel mit rezyklierter Gesteinskörnung zu einer Betonzusammensetzung mit kleinem $CO_2$-Fußabdruck zu verbinden. Die Anwendbarkeit dieses Betons soll im Rahmen von drei Pilotprojekten demonstriert werden. Am zweiten Tag konnten sich die Teilnehmer mit eingeladenen Gästen aus Industrie und Forschung über die Themen Kreislaufwirtschaft in der Betonindustrie sowie Kooperationsmöglichkeiten zwischen Betonindustrie und weiteren Industriezweigen austauschen. Abschluss bildete eine Führung über das Gelände des Stahlwerkes von Arcelor Mittal in Gent.

## 64. Ulmer Betontage

Vom 18. bis 21. Februar 2020 fanden die 64. Ulmer Betontage in Neu-Ulm statt. Es war eine der letzten Veranstaltungen, die in 2020 in Präsenz stattgefunden hat, bevor dann der erste Corona-Lockdown kam. Auch in diesem Jahr war der Fachbereich Bauingenieurwesen der Technischen Universität Kaiserslautern wieder gut vertreten. Insgesamt sechs Vorträge zu unterschiedlichsten Themen gingen auf das Konto des Fachbereichs. Den Anfang am 18. Februar machte Frau Anja Tusch (Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen) mit dem Beitrag „Darf´s ein bisschen mehr sein? Einsatzsteigerung wiedergewonnener Gesteinskörnungen im Beton“. Am 19. Februar folgten dann Herr Fabian Penkert (Fachgebiet Massivbau) mit dem Beitrag „Lastabtragend und schaltbar – Vakuumdämmung für Sandwichwandtafeln“ und Herr Daniel Nyman (Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen) mit dem Beitrag „Beton-Pulverdruckverfahren – Next Level“ sowie am 20. Februar Herr Kasem Maryamh (Fachgebiet Massivbau) mit dem Beitrag „Entwicklung einer praxistauglichen, selbsttätigen Hochwassersperre – Innovative Betonfertigteile aus Hochleistungsbeton“ und Herr Milan Schultz-Cornelius (Fachgebiet Massivbau) mit dem Beitrag „Eine Deckschicht für Sandwichtafeln – Unbewehrter ultrahochfester Beton (UHPC)“. Den Abschluss machte Frau Rabea Sefrin (Fachgebiet Massivbau) am 21. Februar mit dem Beitrag „Neue Verfahren nach E DIN EN 13791:2018 – In-Situ-Betondruckfestigkeit bei Bestandstragwerken“.

*Bildquelle: Ministerium der Finanzen Rheinland-Pfalz*

## Auftaktveranstaltung zum Klimabündnis Rheinland-Pfalz

Die Auftaktveranstaltung „Klimabündnis Bauen in Rheinland-Pfalz – nachwachsende und kreislaufeffiziente Rohstoffe stärken“ war zunächst für den 30. Oktober 2020 geplant und zwar in Präsenz unter Beachtung der AHA-Formel – Abstand halten, Hygiene beachten, Alltagsmaske tragen. Aufgrund der gestiegenen Inzidenzwerte musste die Veranstaltung abgesagt werden und fand als Online Veranstaltung am 10. Dezember 2020 in einem web basierten Format statt. Neben Ansprachen der Ministerinnen Doris Ahnen vom Ministerium für Finanzen Rheinland-Pfalz und Ulrike Höfken vom Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten Rheinland-Pfalz, bestand die Möglichkeit sich in Diskussionsrunden zu den verschiedenen im Klimabündnis verankerten Handlungsfeldern auszutauschen. Das aktuell am Fachgebiet Werkstoffe im Bauwesen laufende Forschungsprojekt „Entwicklung eines innovativen Wandfüllstoffs auf Basis von In-Situ-Mining“ wurde als eines von zwei Projekten ausgewählt, um im Handlungsfeld Förderung innovativer Modellprojekte beispielhaft die bisherigen Anstrengungen des Landes Rheinland-Pfalz darzustellen. In insgesamt drei Diskussionsrunden wurde das Projekt von Frau Anja Tusch vorgestellt.

## Verleihung des Schöck Bau-Innovationspreises 2020

„Ich will die jungen Bauingenieure darauf hinweisen, dass Bauen mehr als Entwurf und Statik ist, sondern auch immer fortschreiten muss.“ Mit diesem Ziel rief Eberhard Schöck, selbst Bauingenieur mit großem Innovationstalent, im Jahr 2000 den Schöck Bau-Innovationspreis ins Leben. Seither zeichnet die Eberhard-Schöck-Stiftung mit Unterstützung der Schöck Bauteile GmbH jährlich herausragende Diplom- bzw. Masterarbeiten im Bauingenieurwesen mit dem Schöck Bau-Innovationspreis aus. In diesem Jahr wurden vier Abschlussarbeiten mit der Auszeichnung für zukunftsweisende Forschungen im Massivbau prämiert. Seitens der Technischen Universität Kaiserslautern wurde der Schöck Bau-Innovationspreis an Frau Nora Bies für Ihre Masterarbeit mit dem Titel „Schädigungsverhalten von faserverstärkten Bewehrungsstäben unter Langzeit-Zugbeanspruchung“ verliehen. Die Preisverleihung fand am 17.02.2020 im feierlichen Rahmen am Vorabend der Ulmer Betontage statt.

**Die Preisträger v.l.n.r.:**
**Christian Dommes (RWTH Aachen University), Nora Bies (TU Kaiserslautern), Ines Tenbieg (RWTH Aachen University) und Jakob Boretzki (Karlsruher Institut für Technologie, KIT)**

# Ehrendoktorwürde für Professor Schnell

Für seine Forschungsleistungen hat die Ruhruniversität Bochum dem Bauingenieur Professor Dr. Jürgen Schnell die Ehrendoktorwürde verliehen. Damit würdigt sie Schnells weltweit beachtete Arbeiten auf dem Gebiet des Stahlbetonbaus. Bis 2018 leitete Schnell das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion an der Technischen Universität Kaiserslautern. Die Ehrendoktorwürde wurde ihm am 7. Februar im Rahmen einer Feierstunde in Bochum verliehen.

Professor Schnell studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Hochschule (TH) Darmstadt. Zunächst arbeitete er beim damals größten deutschen Bauunternehmen, der Philipp Holzmann AG, in verschiedenen Positionen. Hinzu kamen Lehraufträge an der TH Darmstadt, der Universität Witten-Herdecke und der Ruhruniversität Bochum. 2002 folgte er einem Ruf an die Technische Universität Kaiserslautern und leitete dort bis 2018 das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion. In seiner Forschung befasste sich der Ingenieur mit dem Bemessen und Konstruieren von Tragwerken aus Stahl- und Spannbeton. Schnell wurde 2012 zum Fachkollegiaten der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gewählt. Darüber hinaus war er maßgeblich am Forschungsantrag für ein weltweit einzigartiges Großgerät, einen Computertomografen, beteiligt, den die DFG 2016 bewilligte. Mit diesem Gerät können an der Technischen Universität Kaiserlautern künftig ganze Bauteile aus Beton durchleuchtet und untersucht werden.

Von 2005 bis 2008 vertrat Schnell als Sprecher des Studiengangs Bauingenieurwesen seinen Fachbereich im Senat der Technischen Universität Kaiserslautern. Zudem richtete er regelmäßig Konferenzen aus, wie 2008 die Tagung „Bauen auf dem Mond“ und 2017 die Jahrestagung des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton mit über 1.000 Teilnehmern. Mit der Ingenieurkammer Rheinland-Pfalz rief er das Seminarprogramm „Weiterbildung für Tragwerksplaner“ ins Leben. Seit 2004 kamen bei über 100 Veranstaltungen mehr als 20.000 Teilnehmer zu halbtägigen Kursen auf den Campus. Auch das Schülerprogramm „Saturday LearnING“, das jeweils im November an vier Samstagen rund 50 Schüler zu Probevorlesungen an die Universität bringt, geht auf seine Initiative zurück.

Neben der jetzigen Ehrendoktorwürde sind dem Kaiserslauterer Bauingenieur weitere Auszeichnungen zuteil geworden: 2017 verlieh ihm die polnische TU Danzig die Ehrenmedaille für die Einrichtung gemeinsamer Doktorandensymposien. Im selben Jahr erhielt er für seine Leistungen ferner die Emil-Mörsch-Denkmünze. Sie ist die höchste Auszeichnung, die im deutschsprachigen Raum für technisch-wissenschaftliche Leistungen im Stahlbetonbau vergeben werden kann.

Er gehörte zahlreichen nationalen und internationalen Normungsgremien an und hat viele Ehrenämter inne. So zählt er zu den Beratenden Mitgliedern des Deutschen Beton- und Bautechnikvereins DBV, gehört dem Beirat Infrastruktur der Bundesanstalt für Materialforschung BAM an, zählte zu den Mitgliedern des Beirat des Normenausschusses Bauwesen im Deutschen Institut für Normung (DIN) und war sechs Jahre lang Vorsitzender des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb).

Die Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaft der Ruhruniversität Bochum verleiht ihm die Ehrendoktorwürde für, wie es im Widmungstext heißt, „seine grundlegenden Forschungsarbeiten, die weltweit höchste Beachtung und Anerkennung gefunden haben, aber vor allem (für) seine außerordentliche wissenschaftliche Gesamtleistung [...]."

Mit den Lehrstühlen Massivbau und Baustofftechnik der Ruhruniversität Bochum verbindet Schnell eine langjährige, außerordentlich erfolgreiche Zusammenarbeit in zahlreichen Forschungsprojekten der DFG und in Förderprogrammen von Bundesministerien.

Der ganze Fachbereich und das Fachgebiet Massivbau und Baukonstruktion freuen sich über diese Ehre und gratulieren Professor Schnell herzlich.

## Promotionen

10. Februar
**Dr.-Ing. Milan Schultz-Cornelius**
*Konzept zur Bemessung von unbewehrten Fassadenplatten aus Ultrahochleistungsbeton in mehrschichtigen Stahlbetonwandtafeln*
Prof. Dr.-Ing. Matthias Pahn / Prof. Dr.ir. Eddie Koenders

20. August
**Dr.-Ing. Denis Busch**
*Bemessungskonzept für zweiachsig gespannte Hohlkörperdecken mit neuartigen Hohlkörperformen*
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Jürgen Schnell /
Prof. Dr.-Ing. Christian Glock / Prof. Dr.-Ing. Andrej Albert

07. September
**Dr.-Ing. Tobias Stallmann**
*Zum Trag- und Verformungsverhalten von Hohlkörperdecken aus Feinkorn-Hochleistungsbeton*
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Jürgen Schnell /
Prof. Dr.-Ing. Christian Glock

30. September
**Dr.-Ing. Yannick Broschart**
*Untersuchungen zum Trag- und Verformungsverhalten oberflächennaher Verbunddübelleisten*
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kurz / Prof. Dr.-Ing. Markus Feldmann

05. Oktober
**Dr.-Ing. Frank Schuler**
*Richtungsanalyse von Fasern in Beton und Charakterisierung von rissquerenden Fasern mittels Computertomografie*
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit / Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Jürgen Schnell / Prof. Dr.-Ing. Udo Wiens

28. Oktober
**Dr.-Ing. Joanna Gajda**
*Ein Beitrag zur Tragfähigkeit von randnahen Verbunddübeln*
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Kurz / Prof. Dr.-Ing. Ingbert Mangerig

...

## Promotionen

25. November
**Dr.-Ing. Sebastian Penkert**
*Zur Auslegung von Betonverzahnungen für Parabolrinnen unter Berücksichtigung des tribologischen Verhaltens von Hochleistungsbeton*
Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Jürgen Schnell / Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Mark

02. Dezember
**Dr.-Ing. Ayhan Rene Celebi**
*Chloridumverteilung in Beton nach Applikation eines Oberflächenschutzsystems – Anwendungsgrenzen des Instandsetzungsverfahrens 7.7*
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Breit / Prof. Dr.-Ing Gesa Kapteina / Prof. Dr.-Ing. Christoph Dauberschmidt

08. Dezember
**Dr.-Ing. Marie Reichert**
*Zur Bestimmung des Feuerwiderstands von Injektionsankern mit variabler Verankerungstiefe in Beton*
apl. Prof. Dr.-Ing. Catherina Thiele / Prof. Dr.-Ing. Jan Hofmann

08. Dezember
**Dr.-Ing. Fadi Awed**
*Untersuchungen zur Luftpermeabilität von Ultrahochleistungsbetonen*
Prof. Dr.-Ing. Christian Glock / apl. Prof. Dr.-Ing. Catherina Thiele

## Neue wissenschaftliche Mitarbeiter

### Massivbau und Baukonstruktion
Nico Fuchs, M.Sc.
Szymon Grzesiak, M.Sc.
Ingo Tomellerie, M.Sc.

### Bodenmechanik und Grundbau
Maximilian Hardenberg, M.Sc.

### Stahlbau
Christian Sorg, M.Sc.
Christina Thein, M.Sc.

### Bauphysik
Michael Flieger, M.Sc.
Zhenming Peng, M.Sc.

### Statik und Dynamik
Lukas Helm, M.Sc.
Stefanos Stavrou, M.Sc.

### Werkstoffe im Bauwesen
Jonas Lillig, B.Sc.
Syamak Tavasoli, M.Sc.

## Veröffentlichungen 2020


BANZIBAGANYE, G.; VRETTOS, C.: Sand – tire chips mixtures in undrained and drained cyclic triaxial tests, in: Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Ground Improvement, doi:10.1680/jgrim.20.00046.

BLUM, T.; CARRIGAN, S.; PLATZEK, D.; KORNADT, O.: Entwicklung eines thermoelektrischen Heiz- und Kühlsystems mit hohem Wirkungsgrad, in: Proceedings of the 8th Conference of IBPSA Germany and Austria – BauSIM 2020, Graz, S. 290-298.

BORSCHART, Y.; KURZ, W.: Verbundträgerversuche mit randnahen Verbunddübelleisten, in:. 22. DASt-Forschungskolloquium, Karlsruhe, S. 83-86.

BREIT, W.; ADAMS, R.: Baustoffliche Grundlagen, in: Patt, H.; Jüpner, R. (Hrsg.), Hochwasser-Handbuch – Auswirkungen und Schutz, 2. Auflage, Springer Vieweg, S. 239-312.

BREIT, W.; ADAMS, R.: Die neue DIN EN 13791 „Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder Bauwerksteilen", in: beton 70 (12), S. 472-481.

BREIT, W.; ADAMS, R.: Die neue DIN EN 13791 „Bewertung der Druckfestigkeit von Beton in Bauwerken oder Bauwerksteilen", in: VDB Report 23, S. 29-38.

BREIT, W.; DAUBERSCHMIDT, C.: Investigation on the effectiveness of the repair principle 8 „Corrosion protection by increasing the electrical resistivity" in chloride containing concrete – Part 1: Overview and recognition of Prof. Raupach's contribution, in: Materials and Corrosion 71 (5), S. 697-706.

BREIT, W.; SCHULZE, J.: Untersuchungen zu Anforderungen an die Dauerhaftigkeit von R4-Produkten nach EN 1504-3, in: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) 636, S. 5-94.

BREIT, W.; SCHULZE, J.: Ringversuch zur Ermittlung des Chlorideindringwiderstands von Mörtel und Beton – Im Rahmen des DAfStb-Forschungsvorhabens V488, in: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) 636, S. 97-132.

BREIT, W.; SCHULZE, J.: Round-robin test for dertermining chloride penetration resistance of mortar and concrete – Part of the DAfStb research project V488, in: Schriftenreihe des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb) 636, S. 135-168.

CELEBI, A.R.; BREIT, W.: Investigation on the effectiveness of the repair principle 8 "Corrosion protection by increasing the electrical resistivity" in chloride containing concrete – Part 2: Chloride redistribution in concrete after application of a system sealing surface protective coating, in: Materials and Corrosion 71 (5), S. 707-715.

DISTLER, P.; SADEGH-AZAR, H.: Verhalten von Stahlbetonstrukturen infolge stoßartiger Belastungen, in: Berichte der 14. Fachtagung Baustatik – Baupraxis, Stuttgart, S. 155-162.

FELDBUSCH, A.; SADEGH-AZAR, H.: Nichtlineare Untersuchungen zur dynamischen Boden-Bauwerk Interaktion, in: D-A-CH Mitteilungsblatt 4, S. 2-7.

FELDBUSCH, A.; SADEGH-AZAR, H.; KLIMASZYK, F.: Menschenindzierte Erschütterungen: Realistische Lastansätze, Berechnungsmethoden und Bewertungskriterien in der Praxis, in: Berichte der 14. Fachtagung Baustatik – Baupraxis, Stuttgart, S. 249-256.

FIORENTINO, G.; CENGIZ, C.; LUCA, F.; [...] VRETTOS, C.; [...] NUTI, C.: Integral abutment bridges: Investigation of seismic soil-structure interaction effects by shaking table testing, in: Earthquake Engineering & Structural Dynamics, doi: 10.1002/eqe.3409.

FLIEGER, M.; HOFMANN, M.; KORNADT, O.: Umsetzung eines Ringversuchs am akustischen Wandprüfstand, in: Bausphysik Kalender 2020.

FORMAN, P.; PENKERT, S.; KÄMPER, C.; STALLMANN, T.; MARK, P.; SCHNELL, J.: A survey of solar concrete shell collectors for parabolic troughs, in: Renewable and Sustainable Energy Reviews 134 (110331).

GLOCK, C.; MARYAMH, K.: Development of an effective automatic flood barrier – Innovative precast high-performance concrete components, in: BFT International 2020 (2), S. 97-98.

GLOCK, C.; SEFRIN, R.: Neue Verfahren nach E DIN EN 13791:2018 – In-situ-Betondruckfestigkeit bei Bestandstragwerken, in: BFT International 2020 (2), S. 133.

GLOCK, C.; SEFRIN, R.: Bewertung neuer Verfahren zur Ermittlung der charakteristischen in-situ-Betondruckfestigkeit bei Bestandsbauwerken mittels indirekter und direkter Prüfmethoden nach E DIN EN 13791:2018, in: DBV-Rundschreiben 265, S. 8-12.

GOLOMBEK, M.; WARNER, N.; GRANT, J.; [...] VRETTOS, C.; [...] BANERDT, W.: Geology of the InSight landing site on Mars, in: Nature Communications 11 (1014).

GROSS, M.; DISTLER, P.; SADEGH-AZAR, H.: Erdbebenverhalten mobiler Großgeräte, in: Berichte der 14. Fachtagung Baustatik – Baupraxis, Stuttgart, S. 257-264.

HOFMANN, M.; GEYER, C.; KORNADT, O.: Indoor climate measurements in buildings and design functions for building simulation, in: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 960 (042029).

HOFMANN, M.; GEYER, C.; KORNADT, O.: Indoor climate measurements and datasets for building simulations, in: Proceedings of the Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate, Seoul.

KAUFMANN, F.; GLOCK, C.: KI und BIM: Vom Laserscan zur Punktwolke zum BIM-Modell, in: Deutsches Architektenblatt 52, S. 48-49.

KENDA, B.; DRILLEAU, M.; GARCIA, R.; [...] VRETTOS, C.; [...] SPOHN, T.: Subsurface structure at the InSight landing site from compliance measurements by seismic and meteorological experiments, in: Journal of Geophysical Research: Planets 125 (6).

KIESCHE, M.; PAHN, M.: Influence of constant hygric stress on the load-bearing behaviour of high-performance solid absorber made of high-strength fibre concrete, in: Proceedings of the 13th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Paris, S. 48-54.

KRUSE, H.; THIELE, C.; GLOCK, C.: Simplification of the procedure for determining the fire resistance of heat-insulating brick masonry, in: Proceedings of the 13th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Paris, S. 224-229.

LÖNHOFF, M.; SADEGH-AZAR, H.: Seismic out-of-plane behaviour of unreinforced AAC walls, in: International Journal of Masonry Research and Innovation 5 (2), S. 209-225.

MARYAMH, K.; GLOCK, C.: Aufschwimmen und Sperren – Selbsttätige Betonfertigteil-Hochwassersperre aus UHPFRC. Beton Bauteile 2021 69, S.168-175.

MARYAMH, K.; GLOCK, C.: Lautern Sperre – Innovatives, selbsttätiges Hochwasserschutzsystem aus UHPFRC, in: BFT International 2020 (12), S. 42-51.

MARYAMH, K.; HAUCH, K.; REDENBACH, C.; SCHNELL, J.: Influence of production parameters on the fiber geometry and the mechanical behaviour of ultra-high performance fiber-reinforced concrete, in: Structural Concrete 2020 (7), S. 1-15.

NYMAN, D.; BREIT, W.: 3D-PowderPrinting – Next Level, in: CPT Worldwide – Construction Printing Technology 2020 (3), S. 14-22.

NYMAN, D.; BREIT, W.: Beton-Pulverdruckverfahren. Next Level, in: BFT International 2020 (2), S. 81.

NYMAN, D.; BREIT, W.: Entwicklung einer modularen, flexiblen und mobilen Wohneinheit. Komplexe geometrische Strukturen entstehen aus einem Baukastenprinzip, in: Bauen+ 6 (2), S. 37-44.

PAHN, M.; PENKERT, F.; GAUER, T.; KIESCHE, M.; KELLER, M.L.; KERSPE, J.; FRIEDRICH, T.; FISCHER, M.: Multifunktionale Betonfertigteilelemente mit schaltbarer Vakuumdämmung, in: Energiewendebauen, S. 221-229.

PENKERT, S.; GLOCK, C.: Smart Engineering: Innovative moisture measurement of screed by digital sensors, in: Civil Engineering Design 2 (3), S. 47-57.

SCHEIDT, J. ; BREIT, W.: Herstellung von R-Beton im Transportbetonwerk, in: beton 70 (4), S. 120-125.

SCHERER, T.; DIEWALD, P.; THIELE, C.; SCHMITT, K.: Untersuchung von Leitungsdurchführungen im Holzbau und Versuchserkenntnisse des Ansprechverhaltens von Holzbauteilen hinsichtlich des Löscherfolgs, in: vfdb Zeitschrift für Forschung, Technik und Management im Brandschutz 69 (1), S. 9-14.

SCHERER, T.; THIELE, C.; LORENZ, D.: Sealing of service penetrations in timber buildings utilizing timber in timber installation, in: Proceedings of the 13th fib International PhD Symposium in Civil Engineering, Paris, S. 102-109.

SCHMECKEBIER, N.; KURZ, W.: Neues Querkraftbemessungsmodell für Verbunddecken, in: Festschrift zum 70. Geburtstag von Prof. Dr.-Ing. Ingbert Mangerig – Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau 20 (3), S. 161-168.

SCHMECKEBIER, N.; KURZ, W.: Experimentelle Untersuchungen zum Querkrafttragverhalten von Stahlverbunddecken mit praxisrelevanter Betonstahlbewehrung, in: 22. DASt-Forschungskolloquium, Karlsruhe, S. 41-44.

SCHÖNDUBE, T.; BEECKEN, C.; BECKER, S.; CARRIGAN, S.; KORNADT, O.: Weiterentwicklung der Energieeinsparverordnung – Ansätze zur Berücksichtigung der Herstellungs-, Nutzungs- und Instandhaltungsphase von Gebäuden, in: Bauphysik 42 (2), S. 51-62.

SCHÖNDUBE, T.; CARRIGAN, S.; KORNADT, O.: Facing climate change: Holistic approach to the energy efficiency of buildings, in: Ecolibrium 19 (3), S. 46-53.

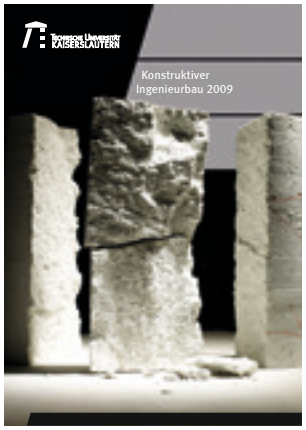
SCHULTE HOLTHAUSEN, R.; RAUPACH, M.; MERKEL, M.; BREIT, W.: Auslaugungswiderstand von Betonoberflächen in Trinkwasserbehältern, in: Bautechnik 97 (6), S. 367-452.

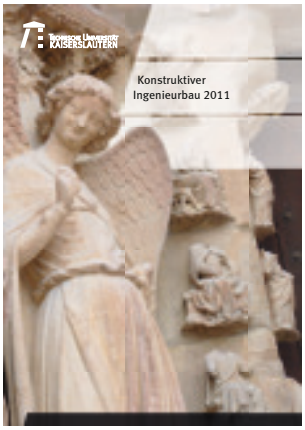
SCHULTE HOLTHAUSEN, R.; RAUPACH, M.; MERKEL, M.; BREIT, W.: Zerstörungsfreie Bestimmung der Auslaugung von Beton mittels einseitiger Wasserstoff-Kernspinresonanz, in: Bautechnik 97 (10), S. 679-748.

SEFRIN, R.; GLOCK, C.; SCHWABACH, E.: Ermittlung der charakteristischen Betondruckfestigkeit von Bestandstragwerken nach DIN EN 13791:2020 für geringe Stichprobenumfänge, in: Beton- und Stahlbetonbau 116 (1), S. 35-44.

TUSCH, A.; BREIT, W.: Darf´s ein bisschen mehr sein? – Einsatzsteigerung wiedergewonnener Gesteinskörnungen in Beton, in: BFT International 2020 (2), S. 25-26.

## Zu guter Letzt – Übersicht der Jahresberichte des Konstruktiven Ingenieurbaus





**Impressum**

**Gestaltung und Satz**
Hedeler.Design, Kaiserslautern

**Bildnachweis**
Bei allen nicht gekennzeichneten Bildern
liegt das Urheberrecht bei der
Technischen Universität Kaiserslautern

**Druck**
Kerker Druck, Kaiserslautern

Technische Universität Kaiserslautern
Fachbereich Bauingenieurwesen
Fachgebiete des Konstruktiven
Ingenieurbaus

Gebäude 60
Gottlieb-Daimler-Straße
67663 Kaiserslautern

www.uni-kl.de