

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM



FAKULTÄT FÜR
BAU- UND UMWELT-
INGENIEURWISSENSCHAFTEN

RUB

NEWSLETTER 2018/2

FAKULTÄT FÜR BAU- UND
UMWELTINGENIEURWISSENSCHAFTEN





SEHR GEEHRTE LESERIN, SEHR GEEHRTER LESER, am 8. Oktober begann die erste Vorlesungswoche des Wintersemesters 2018/19 mit einem umfangreichen Einführungsprogramm.

Die Fachschaften übernehmen dabei dankenswerterweise stets die wichtige Aufgabe, unsere neuen Studierenden durch die Fakultät mit ihren Lehr- und Forschungseinrichtungen und über den Campus zu führen und die vielfältigen Möglichkeiten einer so großen Universität vorzustellen. Unsere Fakultät begrüßt eine wieder gestiegene Zahl neu eingeschriebener Studierender in unseren Bachelorstudiengängen. Für den Studiengang Bauingenieurwesen haben sich 315, für Umwelttechnik und Ressourcenmanagement (UTRM) 232 Studierende und für den internationalen Masterstudiengang Computational Engineering 49 Studierende eingeschrieben. Zusammen mit den diesjährigen Masterzugängen für Bauingenieurwesen und UTRM bewegen wir uns nun auf einem anhaltend hohen Rekordniveau von Studierenden an unserer Fakultät. Die Gründe für diese erfreuliche Entwicklung sind natürlich in der seit Jahren sehr guten wirtschaftlichen Situation des Bau- und Umwelttechnologiesektors sowie den Bemühungen unserer Fakultät und der gesamten Universität zu suchen, Lehre in all seinen Aspekten kontinuierlich zu verbessern – u. a. mit motivierten, studentischen Tutoren und zusätzlichen Lehrmitteln. Studierende anerkennen die Resultate und die Universität unterstützt uns u. a. mit Lehrqualitätsverbesserungsmitteln und der Einbindung unserer Fakultät in nordrhein-westfälische Förderprogramme. Mehrere Kooperationen mit außeruniversitären Einrichtungen konnten in den letzten Jahren wachsen und bieten interessante Fächerwahloptionen für unsere Studierende an. Als Beispiel möchte ich hier die Bundesanstalt Technisches Hilfswerk nennen, die unseren Studierenden Praktikums-

möglichkeiten eigens angepasst an unsere fakultätseigene Praktikumsordnung anbietet. Auch mit Behörden und Ämtern gibt es ähnliche Kooperationen. Der Fächerkanon mit Lehrbeiträgen aus der Praxis ist kontinuierlich aktualisiert worden: Die Ingenieurkammer Bau des Landes Nordrhein-Westfalen unterstützt gemeinsam mit einem Wirtschaftsunternehmen seit 2 Jahren unseren erfolgreichen Projektkurs „Technical English“. Einen Teil dieser Lehraufgaben mit aktuellem Praxisbezug erfüllen ausgewählte Lehrbeauftragte unserer Fakultät, die den Studierenden kernkompetent spezielle Fachthemen vermitteln.

Aus dem offenen Austausch mit Beruf und Praxis ist auch die eindrucksvolle Vielfalt an Preisen für Studierende und Absolventen unserer Fakultät entstanden, die wir jährlich im festlichen Rahmen unserer Akademischen Jahresfeier vergeben. Erleben Sie dies persönlich am 7. Dezember 2018 im Audimax gemeinsam mit den Studienabsolventen und frisch Promovierten des akademischen Jahres 2017/18. Wir möchten das Fest insbesondere auch als Möglichkeit verstanden wissen, Fakultätsmitglieder, Lehrende sowie viele Absolventen und Ehemalige aus Beruf und Praxis an diesem Nachmittag zusammenzubringen. Dafür bietet die Veranstaltung nach dem offiziellen Programm bis in den Abend hinein einen erweiterten, gemütlichen Rahmen mit Fingerfood und Getränken im Foyer. Erlauben Sie es mir zum Schluss, eine freundliche Bitte zu wiederholen: Um Sie zukünftig direkt über Belange unserer Fakultät informieren zu können, benötigen wir Ihre einmalige Anmeldung im Alumni-Verzeichnis der Fakultät (<https://www.fbi.rub.de/fakultaet/alumni/anmelden.html.de>)!

IN DER HOFFNUNG, VIELE VON IHNEN ZU UNSERER AKADEMISCHEN JAHRESFEIER WILLKOMMEN HEIßEN ZU DÜRFEN, VERBLEIBE ICH MIT BESTEN GRÜßEN, IHR PROF. DR.-ING. RÜDIGER HÖFFER

DIE FAKULTÄT GRATULIERT ZUR PROMOTION

- **Dr.-Ing. Jerome Ruben Duhme**
Deterministic and Simulation Based Planning Approaches for Advance and Logistic Processes in Mechanized Tunneling
- **Dr.-Ing. Chenyang Zhao** (Bild 1)
A contribution to Modeling of Mechanized Tunnel Excavations
- **Dr.-Ing. Aycan Özlem Özarmut**
Rheological Investigation of Particle-Foam
- **Dr.-Ing. Sandra Greassidis** (Bild 2)
GIS-basierte Planung der Bergbaufolgenutzung am Beispiel der Stadt Ha Long, Vietnam
- **Dr.-Ing. Andreas Vesting**
Entwicklung und Evaluation eines dezentralen Behandlungssystems zum Rückhalt von organischen Spurenstoffen und Schwermetallen aus Verkehrsflächenabflüssen
- **Dr.-Ing. Arian Hassib** (Bild 3)
Untersuchung dimensionierungsrelevanter Einflussfaktoren als Grundlage für die Entwicklung eines technischen Regelwerks für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen in Afghanistan
- **Dr.-Ing. Abdullah Alsahly** (Bild 4)
Advanced Computational Techniques for Mechanized Tunneling along Arbitrary Alignments and Tunnel Face Stability Analysis
- **Dr.-Ing. Anna-Lena Hammer** (Bild 5)
Untersuchungen zum Einsatz von Stauelementen in einer nachgiebigen Spritzbetonschale bei druckhaften Gebirgsverhältnissen

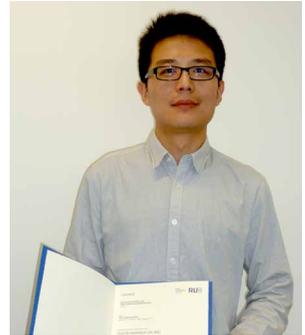


Bild 1: Dr.-Ing. Chenyang Zhao



Bild 2: Dr.-Ing. Sandra Greassidis



Bild 3: Dr.-Ing. Arian Hassib



Bild 5: Dr.-Ing. Anna-Lena Hammer



Bild 4: Dr.-Ing. Abdullah Alsahly

DIE FAKULTÄT GRATULIERT ZUR PROMOTION

- **Dr.-Ing. Ildar Khisamitov** (Bild 6)
Variational and Configurational Interface Models for Load and Fluid Driven Fracture Propagation
- **Dr.-Ing. Thomas Kletke**
Einflussfaktoren auf die Betriebsweise von mikrobiellen Brennstoffzellen in der Abwasserreinigung
- **Dr.-Ing. Daniel Herzer** (Bild 7)
Untersuchungen zum Einfluss erhöhter Abwassertemperaturen sowie erhöhter Salzgehalte auf die Bemessung von Belebungsanlagen
- **Dr.-Ing. Thorsten Weiner** (Bild 8)
Prognose, Separation, Erfassung und Abrechnung des Bodenaushubs beim flüssigkeitsgestützten Schildvortrieb
- **Dr.-Ing. Negar Rahemi**
Evaluation of Liquefaction Behavior of Sandy Soils Using Critical State Soil Mechanics and Instability Concept
- **Dr.-Ing. Sebastian Kunz** (Bild 9)
Einflüsse aus der Konstruktion, Herstellung und Nutzung von Betonfahrbahndecken auf die Schadensentwicklung infolge einer Alkali-Kieselsäure-Reaktion
- **Dr.-Ing. Thai Son Dang** (Bild 10)
Computational Methods and Numerical Analyses of Material Transport in EPB Shield Machines
- **Dr.-Ing. Stefan Giuliani** (Bild 11)
Kalibrierung von Wartezeitmodellen für verkehrsabhängig gesteuerte und koordinierte Lichtsignalanlagen
- **Dr.-Ing. Alborz Pourzargar**
Application of Suction Stress Concept in Partially Saturated Compacted Soils



Bild 6: Dr.-Ing. Ildar Khisamitov



Bild 7: Dr.-Ing. Daniel Herzer



Bild 8: Dr.-Ing. Thorsten Weiner



Bild 11: Dr.-Ing. Stefan Giuliani



Bild 10: Dr.-Ing. Thai Son Dang



Bild 9: Dr.-Ing. Sebastian Kunz

NEUES AUS DER FAKULTÄT NACHRUF

TRAUER UM DR.-ING. RAINER WIEBUSCH-WOTHGE

Die Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften trauert um Dr.-Ing. Rainer Wiebusch-Wothge, der am 5. September 2018 im Alter von 66 Jahren verstarb.

Herr Dr. Wiebusch-Wothge war seit 1980 als Wissenschaftlicher Mitarbeiter und Akademischer Oberrat am Lehrstuhl für Verkehrswesen tätig. Er war ein deutschlandweit ausgewiesener Experte auf dem Gebiet der Verkehrssicherheit und hat sich hier vor allem für die Belange schwächerer Verkehrsteilnehmer eingesetzt. Seine Arbeit hat maßgeblich dazu beigetragen, dass Verkehrsunfälle mit Kinderbeteiligung in mehreren Städten in NRW deutlich reduziert werden konnten. Auch



Bild 1: Dr.-Ing. Rainer Wiebusch-Wothge

im Bereich der akademischen Lehre sowie in Fakultätsgremien zeigte er stets herausragendes Engagement, zuletzt u. a. als Sicherheitsbeauftragter der Fakultät.

Wir verlieren mit Herrn Dr. Wiebusch-Wothge einen bei allen Mitgliedern und Angehörigen der Fakultät hochgeschätzten Kollegen, einen Ingenieurwissenschaftler mit großer Expertise und einen hervorragenden Lehrenden. Unser tiefes Mitgefühl gilt seiner Familie.

NEUES AUS DER FAKULTÄT PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

DFG FÖRDERATLAS 2018: RUB BELEGT MIT SFB 837 ERNEUT PLATZ 1 IM BEREICH BAUWESEN

Am 5. Juli 2018 erschien der achte Förderatlas der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG. Dieser verzeichnet Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland für das Jahr 2018. Wie bereits in der Ausgabe von 2015, belegt die Ruhr-Universität Bochum darin den Spitzenplatz im Fachbereich Bauwesen/Architektur. Sie nimmt damit eine Spitzenposition ein, noch vor anderen an der Exzellenzinitiative beteiligten Universitäten wie z.B. der RWTH Aachen. Einen maßgeblichen Anteil an dem hervorragenden Ergebnis hat der Sonderforschungsbereich 837: Das Fördervolumen, das Bochumer Forscherinnen und Forscher 2014 bis 2016 einwarben, betrug in diesem Bereich 10 Millionen Euro. Im Vergleich zum Förderatlas 2015 war das ein Anstieg um rund eine Million Euro.

Deutsche
Forschungsgemeinschaft

Förderatlas 2018

Kennzahlen
zur öffentlich finanzierten Forschung
in Deutschland



Bild 1: DFG Förderatlas 2018

NEUES AUS DER FAKULTÄT

PREISE UND AUSZEICHNUNGEN

PROF. SCHUMANN ERHÄLT VOLKER MEDAL

Für seine Forschung im Bereich der Hydrologie ist Prof. Dr. Andreas Schumann mit der Volker Medal ausgezeichnet worden. Die International Association of Hydrological Sciences vergibt die Ehrung seit 1979 zusammen mit der Unesco und der Weltorganisation für Meteorologie jährlich an einen Wissenschaftler, dessen Arbeit eine besonders hohe gesellschaftliche Relevanz besitzt. Die Preisverleihung fand am 8. Mai 2018 in Genf statt.

Seit rund 20 Jahren forscht Schumann mit seinem Team am Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik zum Thema Hochwasser, etwa an Vorhersagemethoden oder statistischen Bemessungsansätzen. Schumann ist Sprecher der Forschergruppe „Spatial and temporal aspects of extreme floods“, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, und arbeitete an ähnlichen Themen im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Statistik nichtlinea-



Bild 1: v.l.n.r. Dr. Cullmann (WMO), Prof. Blöschl, (Präsident IAHS), Prof. Schumann, Abou Amani (UNESCO), Prof. Cudennec (Secretary IAHS)

rer dynamischer Prozesse“. Die Ergebnisse mündeten in Maßnahmen zum Hochwasserschutz. Basierend auf den Grundlagen, die die Gruppe erarbeitete, wurden zum Beispiel nach dem Hochwasser 2002 die Hochwasserschutzanlagen des Freistaates Sachsen angepasst oder neu gebaut, die sich beim Hochwasser 2013 bewährten.

EM. PROF. DR.-ING. HANS-JÜRGEN NIEMANN MIT JACK E. CERMAK MEDAILLE AUSGEZEICHNET

Das Structural Engineering Institute und das Engineering Mechanics Institute der American Society of Civil Engineers haben em. Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Niemann am 31. Mai 2018 die Jack E. Cermak Medaille verliehen.

Neben seinem Mentor Prof. Wolfgang Zerna und seinem Freund Prof. Wilfried Krätzig, gilt Prof. Niemann als einer der Pioniere im Bereich Bauwerksaerodynamik. Er wechselte 1968 an die Ruhr-Universität, um dort den Institutsbereich "Modellversuche" aufzubauen und war ab 1981 Professor an der damaligen Fakultät für Bauingenieurwesen. Die Auszeichnung der ASCE erfolgte für die Einführung des Windingenieurwesens in die Praxis sowie für Niemanns Forschungen über die Interaktion von Wind und Konstruktion, die zu sicheren und zuverlässigen Ingenieurkonstruktionen führten.



Bild 1: Prof. Niemann erhält ASCE-Medaille

Die Medaille wurde ins Leben gerufen, um das Lebenswerk von Dr. Jack E. Cermak, einem Experten im Bereich Wind Engineering und Industrial Aerodynamics, zu würdigen. Sie wird jährlich an Forscher*innen verliehen, die in der Windtechnik zahlreiche herausragende Beiträge geleistet haben und gilt als eine der höchsten Auszeichnungen für Bauingenieure.

NEUES AUS DER FAKULTÄT HERZLICHEN GLÜCKWUNSCH

SFB 837 GEHT IN DIE DRITTE FINALE PHASE!

Die Laufzeit des Sonderforschungsbereichs 837 "Interaktionsmodelle im maschinellen Tunnelbau" (SFB 837) wurde im Mai um weitere vier Jahre verlängert! Ein gemeinschaftlicher Erfolg, an dem sämtliche SFB-Beschäftigten maßgeblich beteiligt waren.

Die Entscheidung über die Verlängerung wurde am 14. Mai 2018 auf DFG-Senatssitzung getroffen,

bei der über 40 SFBs und Transregios deutschlandweit bewertet wurden.

Der SFB 837 umfasst 15 Teilprojekte mit 35 Doktoranden sowie ein integriertes Graduiertenkolleg und ist einer der am höchsten geförderten Sonderforschungsbereiche an der RUB.

Weitere Information zum Sonderforschungsbereich 837 finden Sie auf Seite 18.



Bild 1: Das SFB 837-Team stößt auf den Erfolg an

NEUES AUS DEN EINRICHTUNGEN PROJEKTBURO BAUEN UND UMWELT (PBU)

Das Projektbüro Bauen und Umwelt bietet neben einem festen Arbeitsplatz für Studierende ein Unterstützungsangebot, das sich zum einen an die Studierenden richtet, die ein Projekt im PBU bearbeiten. Zum anderen steht allen Studierenden der Fakultät die Möglichkeit offen, die integrierten Angebote des PBUs (Kolloquien, Blockseminar) zu nutzen.

Kolloquien

Die Kolloquien sind fester begleitender Bestandteil der Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit im PBU. Die Kolloquien finden während der Vorlesungszeit in der Regel einmal pro Monat

in der Seminarecke des PBUs statt und beinhalten die Präsentation, das Feedback, den gemeinsamen Austausch und die Diskussion der Gruppe. Kolloquien sind für Interessierte aus allen Fachbereichen frei zugänglich. Für alle Studierenden der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften, die vor dem Abschluss einer Projekt- oder Abschlussarbeit stehen, besteht die Möglichkeit, den eigenen Fachvortrag unter ähnlichen Bedingungen wie bei einer Abschlusspräsentation einzuüben. Die PBU-Seminarecke bietet die klassischen Vortragsmedien für Abschlussvorträge. Übungsvorträge können entweder in ein anstehendes PBU-Kolloquium eingebunden oder separ-

NEUES AUS DEN EINRICHTUNGEN PROJEKTBURO BAUEN UND UMWELT (PBU)

rat angesetzt werden. Nachbereitender Bestandteil eines jeden Vortrags ist das konstruktive Feedback, das aus dem Auditorium gegeben wird und für eine Optimierung des Fachvortrags an Lehrstuhl genutzt werden kann.

„Planen, Sprechen, Schreiben – Projektmanagement und wissenschaftliches Arbeiten im Ingenieurwesen“

Das Blockseminar „Planen, Sprechen, Schreiben – Projektmanagement und wissenschaftliches Arbeiten im Ingenieurwesen“ findet einmal pro Semester (i.d.R. innerhalb der ersten beiden Wochen der vorlesungsfreien Zeit) statt und richtet sich an alle Studierenden aus der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften. Themenschwerpunkte sind neben einer vorbereitenden Projektplanung das wissenschaftliche Arbeiten und Schreiben, die Datenbeschaffung, die Projektdokumentation sowie die abschließende Projektpräsentation. Das Seminar kann sowohl im Bachelor als auch im Mas-

ter genutzt werden, um bestenfalls anstehende Projekte wie Seminar-, Projekt- oder Abschlussarbeiten vorbereiten und erworbenes Wissen auch im Anschluss praktisch anwenden zu können.

Infokasten – dauerhaftes Angebot des PBUs

Schreiben einer Projekt- oder Abschlussarbeit an einem festen Arbeitsplatz im PBU:

Aufgrund der erhöhten Nachfrage und der begrenzten Anzahl der Plätze im PBU wird eine frühzeitige Anmeldung über Fr. Dipl.-Biol. Isabell Schorkowitz (projektbuero@rub.de) dringend empfohlen.

Nutzung des ergänzenden Angebots im PBU:

Bei Interesse an den Kolloquien als Vortragsübung oder am Blockseminar können aktuelle Termine über die wissenschaftliche Betreuung im PBU per Mail abgestimmt und angefragt werden über wissenschaft-pbu@rub.de.

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN UMWELTECHNIK UND ÖKOLOGIE IM BAUWESEN

U+Ö-VERBUNDVORHABEN WATERMINER MIT 3 BEITRÄGEN AUF DER IMWA 2018 (TAGUNG DER INTERNATIONAL MINE WATER ASSOCIATION) IN PRETORIA, SÜDAFRIKA

U+Ö bearbeitet FuE-Vorhaben im In- und Ausland (Förderung durch das BMBF und das BMU). Themen sind Bergbau und Umwelt, Integriertes Wasserressourcenmanagement, Umweltplanung u.a..

Das von U+Ö koordinierte Verbundvorhaben WaterMiner läuft seit 2016 bis 2019. Verbundpartner sind: Prof. Dr. Frör, Umweltökonomie an der Universität Koblenz-Landau, DGFZ Dresdener Grundwasserforschungszentrum e.V. und die Firmen LUG GmbH, Ribeka GmbH, Disy Informationssysteme GmbH. WaterMiner wird vom

BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) im Rahmen des Programms „Zukunftsfähige Technologien und Konzepte zur Erhöhung der Wasserverfügbarkeit durch Wasserwiederverwendung und Entsalzung“ (Wave) gefördert (www.bmbf-wave.de).

WaterMiner entwickelt Konzepte für die räumlich-zeitlich abgestimmte Kreislaufführung und Wiederverwendung bergbaulicher Abwässer am Beispiel eines urban geprägten Bergbaugebietes in Vietnam. Dabei werden sowohl die Stoffströme als auch mögliche technische Konzepte und ökonomische Aspekte unter die Lupe genommen, da alle drei Aspekte bei Managemententscheidungen zum Umgang mit den bergbaulichen Wässern herangezogen werden müssen.

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

UMWELTECHNIK UND ÖKOLOGIE IM BAUWESEN

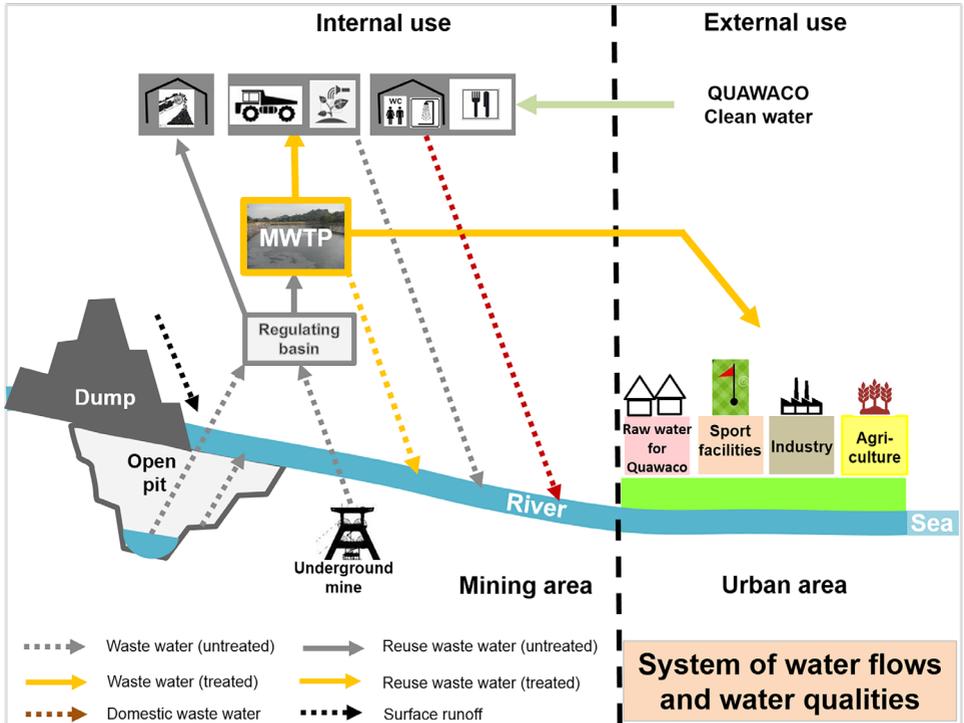


Bild 1: System der Wasserflüsse

Die Stoffströme und hier insbesondere die Wasserflüsse werden analysiert, um festzustellen, welche Volumina wann und wo und in welcher Qualität anfallen (siehe Bild 1 und 2). Gleichzeitig werden potentielle Nutzer der aufbereiteten Wasser ermittelt, um anschließend Quellen, Aufbereitung und Nutzer aufeinander abzustimmen.

Technische Konzepte befassen sich mit der Optimierung der vorhandenen Grubenwasserreinigungsanlagen sowie mit zusätzlichen Einrichtungen zur Behandlung von Oberflächenabflüssen aus den Bergbaugebieten. Hier besteht die Herausforderung insbesondere in den starken Schwankungen der zu behandelnden Abflüsse.

Die ökonomischen Aspekte beinhalten, ob und wie zusätzliche Investitionen der Bergwerke in weiterführende Wasseraufbereitung wirtschaftlich sein können. Gleichzeitig werden Untersuchungen zum gesellschaftlichen Nutzen von Grubenwasseraufbereitung durchgeführt, wo es unter anderem auch um die potentielle finanzielle Beteiligung der Bevölkerung an Investitionen geht.

Alle Fragen rund um bergbauliche Wässer werden alle 2 Jahre auf der internationalen Fachtagung der International Mine Water Association (IMWA) diskutiert. In diesem Jahr fand die IMWA vom 10. bis 14. September in Pretoria, Südafrika statt (<http://www.imwa2018.info>).

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

UMWELTECHNIK UND ÖKOLOGIE IM BAUWESEN

Die Bergbauindustrie ist in Südafrika einer der wichtigsten Wirtschaftszweige. Das Problem der bergbaulich beeinflussten Wässer, ihrer Behandlung und potentiellen Kreislaufführung und Wiedernutzung ist unter den dort herrschenden klimatischen Bedingungen genauso dringend wie in Vietnam. WaterMiner ist mit jeweils einem Beitrag zu den drei o.g. Themen akzeptiert worden und hat die bisher erzielten Ergebnisse dort einem internationalen Publikum präsentiert.

Die Titel der Beiträge lauten:

- Katrin Broemme, Viet Quoc Trinh, Sandra Greassidis, Harro Stolpe: Material flow analysis for spatiotemporal mine water management in Hon Gai, Vietnam
- Antje Ulbricht, Felix Bilek, Katrin Brömme: Development of a technical concept of spatial and temporal coordinated mine water recycling exemplified by a mining area with urban influence
- Hao Hong Do, Viet Quoc Trinh, Oliver Frör: To invest or not to invest? – A Valuation of public benefits from mine water treatment in Ha Long, Vietnam

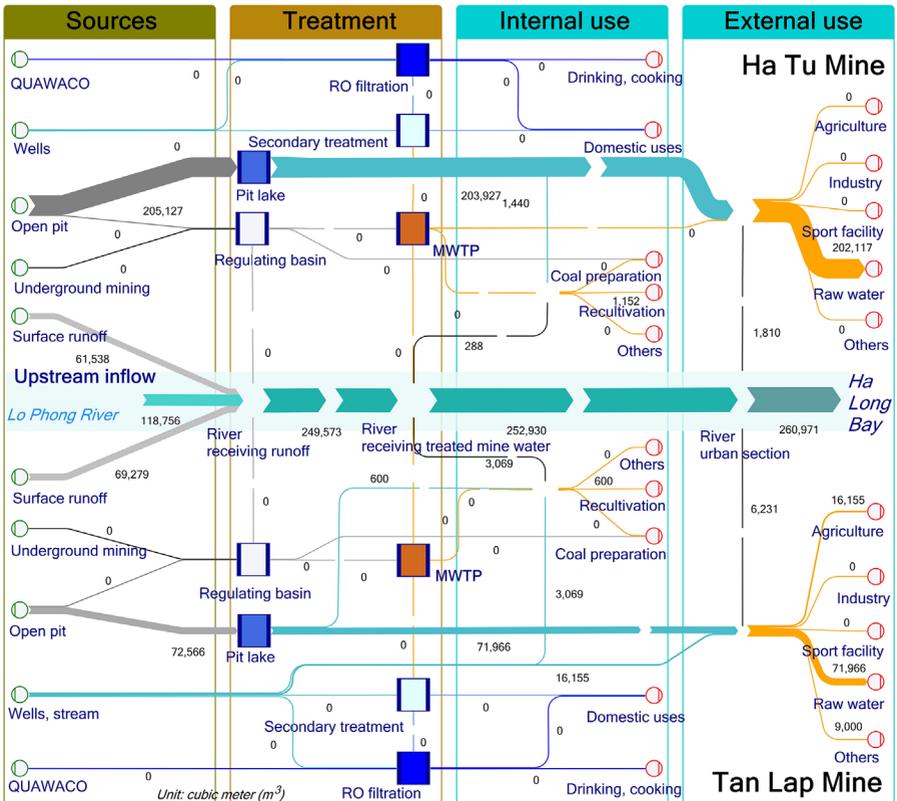


Bild 2: Darstellung im Stoffstrommodell (UMBERTO)

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

MECHANIK ADAPTIVER SYSTEME

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ FÜR AKTIVE SCHWINGUNGSREDUKTION

Neuronale Netzwerke (NN) finden immer mehr Anwendungen in zahlreichen ingenieurtechnischen Problemen. In der AG Mechanik adaptiver Systeme werden Regelungssysteme zur aktiven Schwingungsreduktion seit Jahren erfolgreich implementiert. Eine Bereicherung der Methoden der aktiven Schwingungsreduktion für Intelligente Systeme und Strukturen (Smart Structures and Systems) stellt die Einführung der Künstlichen Intelligenz (KI) in der Form der Neuronalen Netzwerke dar. Der Erfolg der aktiven Regelung hängt oft maßgebend von einem Strukturmodell ab. Wenn die Zustandsgrößen des Strukturmodells nicht direkt messbar sind, spielt ihre Beobachtung bzw. Schätzung anhand anderer verfügbarer messbarer Größen eine sehr wichtige Rolle. Ein auf NN basierter Beobachter – Recurrent Wavelet Neural Network (RWNN) Observer (Bild 1) ist als Bestandteil des Regelkreises für aktive Schwingungsreduktion (Bild 2) implementiert worden. Die Effizienz des Beobachters ist an einer piezoelektrischer Smart Structure – schwingender eingespannter Balken – demonstriert. Das Regelungssignal in Form von elektrischer Spannung an piezo-keramischen Aktoren trägt zur Unterdrückung der großen Schwingungsamplituden (gemessen mit einem Laser Doppler Vibrometer) infolge der Anregung aus der Umgebung (simuliert im Experiment durch einen Schwingungserreger) bei (Bild 3). Die Reduktion der Schwingungsamplituden unter einer Sine-Sweep Anregung ist besonderes in der Nähe der Resonanzfrequenzen ausgeprägt (Bild 4), weshalb dieses Smart System besonderes in worst case Szenarien gut geeignet ist.

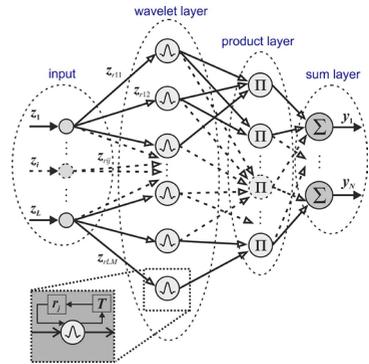


Bild 1: Recurrent Wavelet Neural Network (RWNN)

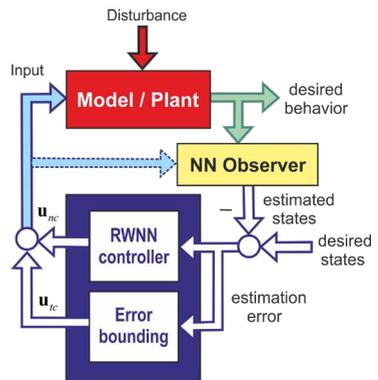


Bild 2: Regelkreis für aktive Schwingungsreduktion mit RWNN Beobachter

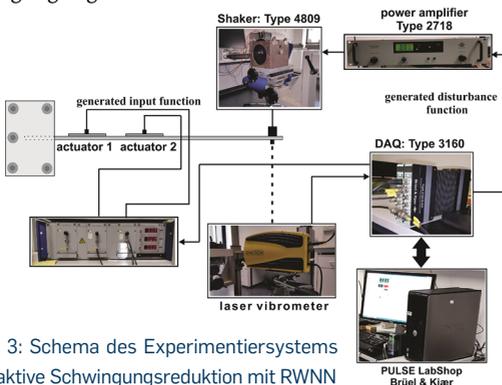


Bild 3: Schema des Experimentiersystems für aktive Schwingungsreduktion mit RWNN

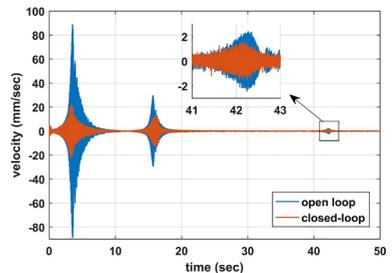


Bild 4: Schwingungsamplitude (Geschwindigkeitssignal) des ungeregelten und geregelten Systems

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

MECHANIK – MATERIALTHEORIE

INNOVATIVE ANSÄTZE ZUR MODELLIERUNG VISKO-ELASTISCHER MATERIALIEN MIT STOCHASTISCHER MIKROSTRUKTUR

Alle Parameter, die zur Charakterisierung eines Materials benötigt werden (bspw. der E-Modul), streuen stochastisch, entweder aufgrund von inhärenten Ursachen oder aufgrund von Messunsicherheiten. Weiterhin werden Materialparameter häufig anhand der Vermessung makroskopischer Proben bestimmt, sodass die stochastische Abhängigkeit über den Ort kaum bekannt ist. Da diese stochastisch streuenden Materialdaten die Grundlage von Simulationen bilden, ist es wünschenswert, die stochastische Streuung auch in den numerischen Ergebnissen berücksichtigen zu können. Hierdurch werden Berechnungen noch realistischer und es können genauere Aussagen bspw. zur Lebensdauer getroffen werden, wenn das stochastische Materialverhalten mit abgebildet werden kann.

Eine häufig verwendete Möglichkeit, stochastische Materialdaten zu berücksichtigen, sind sog. Monte-Carlo-Simulationen. Hierfür werden für konkrete Realisierungen des stochastischen Feldes Simulationen durchgeführt und die Ergebnisse gespeichert. Die Bestimmung des Mittelwertes dieser Ergebnisse entspricht dann der Berechnung des Erwartungswertes und das Fehlerquadrat ergibt die Varianz, aus der man die Standardabweichung und somit den „Fehlerbalken“ bestimmen kann. Um konvergierte Aussagen zu erhalten, müssen häufig Ergebnisse für einhundert oder mehr Realisierungen berechnet werden. Sollen diese Berechnungen noch für ein nicht-lineares Materialverhalten wie bspw. die Visko-Elastizität durchgeführt werden, steigt der Berechnungsaufwand enorm. Dies gilt insbesondere für Finite-Elemente-Berechnungen: Es müssen einhundert oder mehr nicht-lineare FEM-Simulationen für das

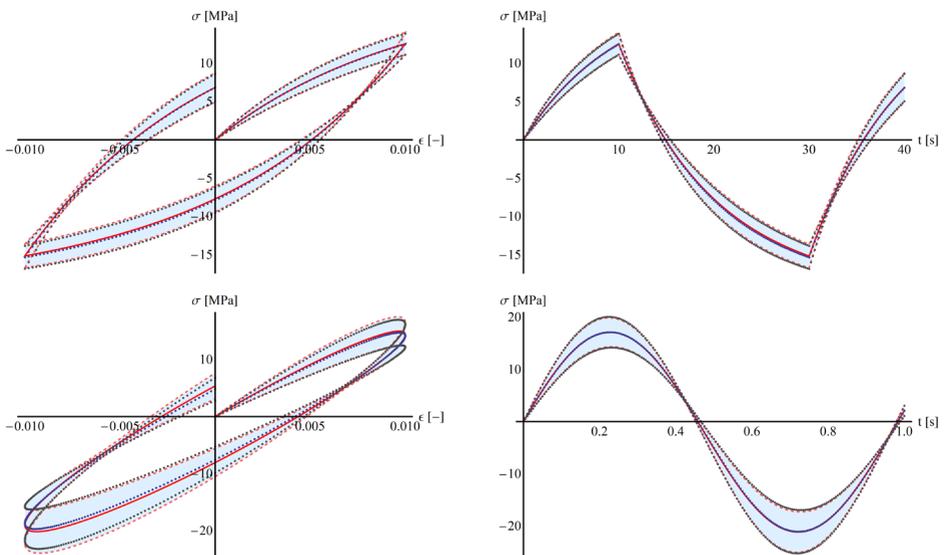


Bild 1: Berechnung des viskoelastischen Materialverhaltens bei zeitproportionaler Belastung (obere Zeile) und zeitharmonischer Belastung (untere Zeile). Die roten Linien sind das Ergebnis des neuen Berechnungsverfahrens, die grauen Linien sind das Ergebnis einer deutlich aufwändigeren Monte-Carlo-Simulation. Gezeigt ist der Erwartungswert plus/minus der Standardabweichung der Spannung als Funktion der Dehnung (links) und als Funktion der Zeit (rechts)

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

MECHANIK – MATERIALTHEORIE

gleiche Bauteil durchgeführt werden, um eine zuverlässige Aussage über den Erwartungswert und die Standardabweichung bspw. der mechanischen Spannung treffen zu können. Entsprechend steigt der Berechnungsaufwand auf das Hundertfache.

Zu dieser Fragestellung hat PD Dr.-Ing. Junker vom Lehrstuhl Mechanik – Materialtheorie eine Kooperation mit Dr. Nagel aus dem Fachbereich der Stochastik der TU Eindhoven begonnen. Werden stochastische Materialparameter berücksichtigt, so verändern sich die Modellgleichungen (Evolutionsgleichungen) in ihrer mathematischen Struktur: Sie werden zu Differentialgleichungen mit stochastischen Koeffizienten, wodurch ihre Komplexität deutlich steigt. Für den Fall eines visko-

elastischen Materials mit stochastischer Mikrostruktur (bspw. Beton) konnte durch die Kooperation ein Durchbruch erzielt werden: Eine genaue mathematische Analyse der mechanischen Gleichungen führte dazu, dass nun mittels einer einzigen (FE-)Berechnung sowohl der Erwartungswert als auch die (tensorielle) Standardabweichung instantan und exakt berechnet werden können. Dabei ergibt sich eine außergewöhnlich gute Übereinstimmung zwischen der nun entwickelten Methode (NJ) und den Monte-Carlo-Simulationen (MC), die als Referenz dienen. Der zeitliche Mehraufwand des neuen Verfahrens im Vergleich zu einer deterministischen Berechnung ist dabei vernachlässigbar gering, weshalb sich eine Anwendung auch für große Probleme sehr gut anbietet.

In zukünftigen Kooperationen soll versucht werden, die Methode auch auf andere Materialklassen anzuwenden wie bspw. elasto-plastische oder elasto-visko-plastische Materialien.

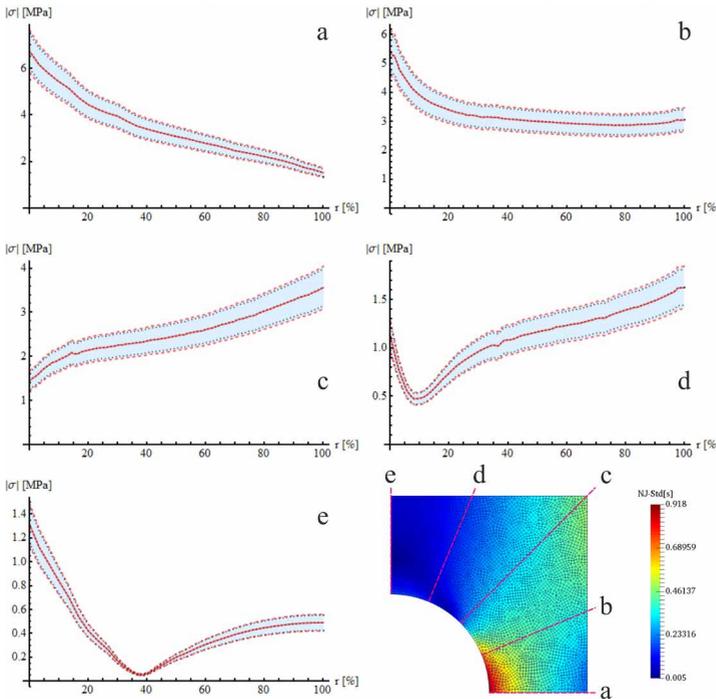


Bild 2: Erwartungswert plus/minus Standardabweichung der Norm der Spannungen aus Monte-Carlo-Simulationen mit einem Stichprobenumfang von 200 Realisierungen für eine viskoelastische Lochscheibe (rot) mit dem neu entwickelten Modell (schwarz) über der radialen Richtung für unterschiedliche Winkel. Verteilung der Norm der Standardabweichung der Spannungen.

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN MASSIVBAU

QUASI-KONTINUIERLICHE DEHNUNGSMES- SUNG MITTELS FASEROPTISCHER SENSORIK

In experimentellen Untersuchungen ist die Güte der Messergebnisse entscheidend für das Gelingen von Auswertung und Interpretation der Versuche. Sowohl die Informationsdichte als auch die Zuverlässigkeit des Systems sind häufig wichtige Faktoren bei der Wahl des geeigneten Messsystems. Seit Ende 2017 steht der Fakultät ein System mit faseroptischer Sensorik zur Verfügung (Bild 1). Der größte Vorteil im Vergleich mit konventioneller Messtechnik (z.B. Dehnungsmessstreifen, DMS) liegt in der quasi-kontinuierlichen Messpunktfolge, die eine Auflösung im Millimeterbereich erlaubt. Entlang einer Glasfaser, die auf einem Prüfkörper aufgeklebt wird, können so hochauflösende Dehnungsmessungen durchgeführt werden. Zusätzlich zu Dehnungsmessungen sind auch Temperaturmessungen möglich.



Bild 1: Faseroptisches Messgerät und Messcomputer

Neben Sensoren, die direkt vom Hersteller bezogen werden können, gibt es die Möglichkeit Sensoren selbst herzustellen. Zwar können die Originalsensoren gestaffelt in unterschiedlichen Längen bestellt werden, allerdings kann die „maßgeschneiderte“ eigene Herstellung bei bestimmten Anwendungen von Vorteil sein. Dabei wird der Sensor aus mehreren Komponenten zusammengesetzt (s. Bild 2), indem die eigentliche Messfaser (Mitte) mit einem Zuleitungskabel (links) und dem späteren Sensorende verspleißt wird. Die gegen mechanische Einwirkungen empfindliche Glasfaser ist an den Spleißstellen besonders sprö-

de und wird dort mit einem Spleißschutz versehen, um die Bruchgefahr zu minimieren.

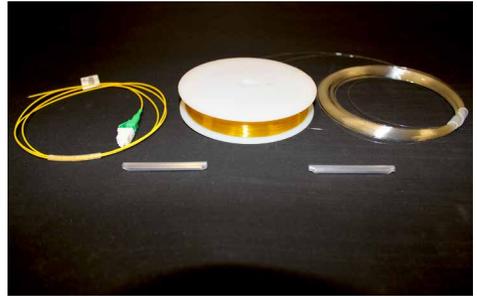


Bild 2: Komponenten zur Herstellung von Glasfasersensoren

Bei der Handhabung der Sensoren ist dennoch größte Vorsicht geboten, um einen Bruch der Glasfaser zu vermeiden. Es empfiehlt sich Schutzmaßnahmen zu treffen, wie z.B. den Beginn und das Ende des applizierten Sensors mit Schrumpfschläuchen zu versehen, um ein Abknicken und das damit verbundene Abbrechen zu verhindern.

Am Lehrstuhl für Massivbau wird das Messsystem derzeit in zwei Projekten verwendet. Dabei werden mehrere zur Verfügung stehende Messmodi eingesetzt, die sich in Messfrequenz, maximaler Sensorenlänge und Messpunktabstand unterscheiden.

Vor den eigentlichen Versuchen an Ankerschienen und Spannritzen wurden Tastversuche an runden Zugstäben aus Stahl und Aluminium durchgeführt (Bild 3). Dabei wurde ein Glasfasersensor in Schlaufen appliziert, sodass die Dehnungen im Versuch in vier Segmenten gemessen werden konnten. Die Segmente wurden in Umfangsrichtung um 90° versetzt angeordnet, sodass in den Zwischenräumen zusätzlich Dehnungsmessstreifen appliziert werden konnten. Der Vergleich mit DMS-Messungen und rechnerisch ermittelten Dehnungen verifiziert die Messung mittels Glasfaser. Dadurch konnte gezeigt werden, dass die selbst hergestellten Sensoren einwandfrei funktionieren und der verwendete Kleber geeignet ist.

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN MASSIVBAU

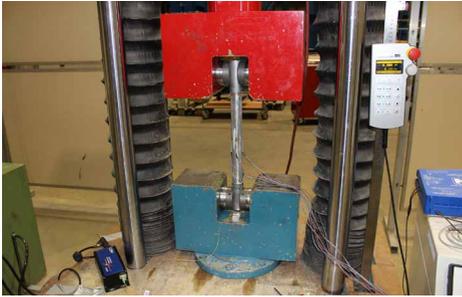


Bild 3: Tastversuch an einem Rundstab

In beiden derzeit laufenden Projekten werden die Sensoren auf Stahloberflächen appliziert. Im ersten Anwendungsfall wird das Tragverhalten von Ankerschienen untersucht, indem das Schienenprofil am äußeren Schenkel mit Sensoren versehen und anschließend einbetoniert wird (Bild 4). Im Versuch werden die Schienen über Schrauben in verschiedene Richtungen belastet und das Tragverhalten der Ankerschienen sowie die Weiterleitung der Kräfte über Anker in den Beton anhand gemessener Dehnungen entlang der Schiene analysiert. Unterschiedliche Konfigurationen und Probekörpergrößen erfordern dabei eine möglichst variable Länge der Glasfasersensoren. Für eine detaillierte Auswertung wird der Messmodus mit einer hohen Auflösung verwendet. Im zweiten Anwendungsfall werden die Glasfasersensoren auf Spannstahlilitzen appliziert, um

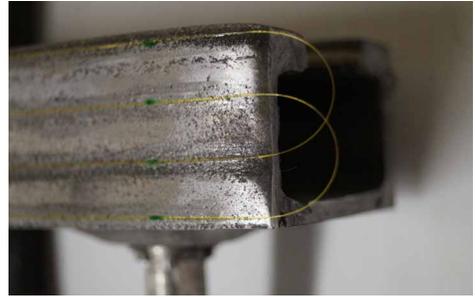


Bild 4: Mit Sensoren ausgestattete Ankerschiene

deren Ermüdungsverhalten zu untersuchen. Da die Litzen in den Versuchen mit einer hohen Frequenz be- und entlastet werden, müssen die Messungen mehrfach pro Sekunde durchgeführt werden, um die Dehnungszustände des Spannstahls mehrfach während der sinusförmigen Belastungsperiode zu erfassen. Hierfür steht ein Messmodus mit einer Messfrequenz von 50 Hz zur Verfügung.

Beide Projekte laufen derzeit noch. Es zeigt sich bereits jetzt, dass mit dem neuen System zuverlässige Messungen durchgeführt werden können, die eine zuvor nicht erreichbare Auflösung ermöglichen. Bezüglich der Wahl des richtigen Messmodus ist zu berücksichtigen, dass das Messrauschen mit zunehmender Auflösung und Messfrequenz anwächst. Auch sind Glasfasern nicht für jeden Anwendungsfall geeignet.

INFORMATIK IM BAUWESEN

EINSATZ VON MAGNETFELDTECHNOLOGIE ZUR ERHÖHUNG DER ARBEITS-SICHERHEIT IM TUNNELBAU

Rund 7,5% aller Erwerbstätigen in der Europäischen Union (EU) arbeiten im Baugewerbe. Auf sie entfallen 15% aller Unfälle und 30% aller tödlichen Arbeitsunfälle. Baustellen zählen daher zu den gefährlichsten Arbeitsumfeldern mit

einer hohen Unfallrate. Besonders im konventionellen Tunnelbau existiert ein hohes Risiko von Baumaschinen erfasst, schwer verletzt oder sogar getötet zu werden. Trotz vorgeschriebener Beleuchtung ergibt sich durch die vorhandenen Helligkeitsprobleme und einer hohen Konzentration von beweglichen Maschinen auf engstem Raum ein schwieriges Arbeitsumfeld (s. Bild 1).

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

INFORMATIK IM BAUWESEN



Bild 1: Tunnelbagger und Person an der Ortsbrust

Im Tunnelbau spielen daher insbesondere die menschlichen Faktoren eine wesentliche Rolle in der Unfallvermeidung. So besteht zum Beispiel die Gefahr durch das Arbeiten neben sich bewegenden Maschinen eingequetscht oder überfahren zu werden. Zwar existieren Sicherheitsschulungen und Einweisungskonzepte, sie sind in der Praxis oftmals ineffektiv, weil der dynamische Baufortschritt nicht jede mögliche Arbeitssituation planen oder erfassen lässt.

Der Einzug der Digitalisierung im Tunnelbau ermöglicht mittlerweile den Einsatz neuer Technologien die u.a. zu einer Erhöhung der Arbeitssicherheit im Tunnelbau führen können. So lassen sich mit Hilfe einer funktechnischen Systemlösung Personen und Maschinenführer in Echtzeit warnen, wenn sie sich einer Maschine gefährlich nähern. Durch die Verbindung des Funksystems mit der Steuereinheit der Maschine ist eine proaktive Geschwindigkeitsreduktion bis hin zum vollständigen Stoppen durch die Maschine möglich. Des Weiteren lassen sich mobile Baumaschinen mit Hilfe von Positionierungstechnologie im Tunnel (eingeschränkt) und auf dem Baufeld verorten und die Bewegungsmuster von Personen und Maschinen abbilden. Erstellte Berechnungsalgorithmen ermöglichen das automatische Ableiten von Detailinformationen zu bisher nicht bekannten Risiken. Anschließend können die abgeleiteten Informationen in einem vereinfachten geometrischen

Informationsmodell (BIM-Teilmodell) abgebildet und vom Baustellenpersonal abgerufen werden. Die Auswertung von erforderlichen oder zusätzlichen Steuerungsprozessen zur Unfallvermeidung können im Anschluss nahezu in Echtzeit entsprechend angepasst werden. Personalisiertes Feedback an einzelne Arbeiter wird ebenso ermöglicht, um deren Potenziale zur Steigerung der Arbeitssicherheit zu motivieren.

Dazu wurden auf Basis einer in der Vergangenheit entwickelten wissenschaftlichen Testmethode zur Evaluierung von Magnetfeldtechnologien für den Arbeitsschutz, an einem sich noch im Bau befindenden Tunnelprojekt verschiedene Feldversuche durchgeführt. Das Ziel der ausgeführten Feldversuche war es, die Ergebnisse zu einer experimentellen Bewertung der Zulässigkeit und Effektivität der existierenden Magnetfeldtechnologie in typischen Arbeitsumgebungen des Tunnelbaus hervorzuheben. Die

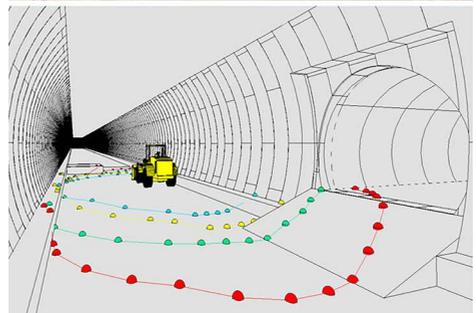


Bild 2: Messdaten der Warnzonen anhand eines Fotos und in einem BIM-Teilmodell

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

INFORMATIK IM BAUWESEN

Testmethoden untergliedern sich in zwei Szenarien: statische und fahrende Maschinen. Im statischen Fall wird die Distanz zwischen dem Ort des Auftretens des Warnsignals (ausgelöst durch den Personentag, der sich einer Maschine mit Schrittgeschwindigkeit weniger als 1,5 m/s nähert) und der auf den Boden projizierten Position des Maschinenführers/ der Antenne auf der Maschine gemessen. Dabei werden 36 Messungen im Abstand von 10° zueinander vollzogen. Im zweiten Fall handelt es sich um eine fahrende Maschine, die sich auf einen stationä-

ren Personentag in der Höhe von 1,00 m nähert. Obwohl die Signale der Magnetfeldtechnik Hindernisse wie Stahlbeton durchdringen können, werden die statischen Feldversuche sowohl auf einer flachen als auch freien Fläche an einem nahen Außengelände durchgeführt. Im Anschluss folgten die Messungen in beengten Arbeitsräumen innerhalb des Tunnels. Bild 2 zeigt ein erstelltes BIM-Teilmodell des Haupttunnels und der Querschläge in Level of Development (LoD) 200, das mit den ausgewerteten Messpunkten verknüpft ist.

INTERNATIONALE SYMPOSIUM FÜR AUTOMATION UND ROBOTIK IM BAUWESEN

Die „International Association for Automation and Robotics in Construction“ (kurz IAARC: www.iaarc.org) ist das weltweit führende Netzwerk von anerkannten Fachleuten aus der Wissenschaft und Industrie zur Entwicklung und Anwendung von Automatisierung und Robotik im Bauwesen. Seit 1984 bietet IAARC das jährlich stattfindende „Internationale Symposium on Automation and Robotics in Construction“ (ISARC) an. ISARC bietet Führungskräften und Anwendern aus Verbänden, bauausführenden oder beratenden Unternehmen, Technologie- und Softwarefirmen, Architektur- und Planungsbüros, Hochschulen und Universitäten eine außergewöhnliche Lern- und Austauschmöglichkeit, um Innovation in Prozessen und Technologieanwendungen in allen Projektlebenszyklusphasen voranzutreiben.

Nach 20 Jahren wurde wieder einmal Deutschland mit Berlin als Austragungsort der 35. ISARC-Veranstaltung gewählt. Vom 20. bis 25. Juli 2018 kamen insgesamt 490 internationale Teilnehmer aus 36 Nationen zusammen (Bild 1). Darunter befanden sich neben Professoren, Doktoranden und Studenten auch 120 Vertreter aus Politik und Bauwirtschaft. Es wurden aktuelle Forschungsergebnisse und praxisrelevante Innovationen vorgestellt.



Bild 1: Teilnehmer der ISARC 2018 Berlin

Den Auftakt machte ein dreitägiger Hackathon mit mehr als 190 Teilnehmern, die in 27 Teams zusammen mit Industriepartnern Prototypen als digitale Lösungen entwickelten. Die Spannweite der vorgestellten Themen reichte von der Integration von IoT-Systemen über intelligentes parametrisches Design, Anwendung von Virtual und Augmented Reality bis hin zum 3D-Druck.

Organisiert wurde die Konferenz von Dr. Jochen Teizer und Prof. Dr. Markus König vom Lehrstuhl für Informatik im Bauwesen der Ruhr-Universität Bochum sowie Prof. Dr. Timo Hartmann vom Institut für Systemtechnik der Technischen Universität Berlin. Unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur und des Hauptverbands der Deut-

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

INFORMATIK IM BAUWESEN

schen Bauindustrie e. V. unterstützen zahlreiche Sponsoren das Programm der ISARC 2018, darunter die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG), weitere Bausoftwareunternehmen, Planungsfirmen und Technologie- und Systemin-

tegratoren. Baufirmen ermöglichten als Teil des Rahmenprogramms zwei Baustellenbesichtigungen in Berlin, auf denen aktuelle Trends der Digitalisierung des Bauwesens, unter anderem BIM auf der Baustelle, praxisnah vorgestellt wurden.

STATIK UND DYNAMIK

INTERAKTIONSMODELLE FÜR DEN MASCHINELLEN TUNNELBAU – ZUSAMMENFASSUNG DES FORSCHUNGSPROGRAMMS DES SONDERFORSCHUNGSBEREICHS 837

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) fördert seit dem 01.07.2010 an der Ruhr-Universität Bochum den Sonderforschungsbereich SFB 837 mit dem Titel 'Interaktionsmodelle für den maschinellen Tunnelbau'. Am 14. Mai 2018 hat der DFG-Senat die Verlängerung des SFB 837 um eine weitere 4-jährige Förderperiode bewilligt.

Der maschinelle Tunnelbau ist ein durch einen hohen Automatisierungsgrad gekennzeichnetes Bauverfahren, das in unterschiedlichen Baugrund- und Grundwasserhältnissen, häufig in Innenstadtlagen mit nur geringen Überdeckungen und sensibler Bebauung, aber auch in Festgestein mit großen Überlagerungen eingesetzt wird. Vielfältige Interaktionen des Vortriebsprozesses mit der Umgebung, die oft nur unscharf erfassbaren Baugrundeigenschaften und eine geringe Flexibilität in Bezug auf Anpassungen während des Vortriebs an wechselnde oder schwierigere Baugrundverhältnisse stellen besondere Anforderungen an die Planung und den Vortrieb. Im Durchschnitt erreichen Tunnelvortriebsmaschinen derzeit nur einen Teil ihrer theoretischen Leistungskapazität.

Vor dem Hintergrund einer stetigen Ausweitung des Einsatzbereichs dieser Technik, der Tendenz zu größeren Durchmessern und steigenden Anforderungen an die Eingrenzung vor-

triebsbedingter Risiken widmen sich im SFB 837 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen Bauingenieurwesen, Computational Engineering, Geowissenschaften und dem Maschinenbau der Erforschung aller wesentlichen, die Sicherheit und Effizienz des maschinellen Tunnelbaus betreffenden Prozesse und deren Wechselwirkungen. Durch eine Synthese von computerorientierter Modellierung, experimenteller Forschung und digitalen Planungsmethoden ist es bereits in den ersten beiden Forschungsperioden gelungen, bislang vereinfacht empirisch erfasste Sachverhalte wissenschaftlich fundiert zu beschreiben und dadurch Potentiale für die Optimierung von Projektplanung- und Ausführung bzw. der gesamten Verfahrenstechnik im maschinellen Tunnelbau aufzuzeigen.

Stand in den ersten zwei Projektphasen der maschinelle Tunnelbau im Lockergestein im Vordergrund, so widmet sich der SFB 837 in der dritten Förderperiode auch schwierigen geologischen Verhältnissen, die dem Einsatz von Tunnelvortriebsmaschinen bisher Grenzen setzen. So werden bislang unzureichend verstandene Wechselwirkungen zwischen Vortrieb und quellfähigem Baugrund sowie ein neuartiger verformungstoleranter Tunnelausbau erforscht. Weiterhin werden aus der engen Verbindung werkstoffwissenschaftlicher und gesteinsphysikalischer Analysen Erkenntnisse zur Leistungsfähigkeit des Vortriebs in schwierigen Gesteinsformationen erwartet. Mit der Entwicklung von numeri-

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN STATIK UND DYNAMIK

A Baugrund und Vortriebsmaschine

- Charakterisierung von Baugrundeigenschaften durch Vorauserkundung
- Suspensionsinfiltration und Bodenkonditionierung in Hydro- und EPB-Schildmaschinen
- TBM-Vortriebe in quellfähigem Baugrund

B Ausbau und Stützmaterialien

- Ebenenübergreifende Entwicklung eines nachgiebigen Tunnelausbaus
- Materialdesign adaptiver, kompressibler Tunnelschalen auf experimenteller und numerischer Basis
- Ringspaltmörtel mit steuerbarem Stauchverhalten
- Entwicklung eines variablen Großversuchsstands für modulare Tübbings

C Prozessmodellierung

- Strukturmechanische und baubetriebliche Simulationsmodelle zur Trassenplanung und Vortriebssteuerung in Echtzeit
- System- und Parameteridentifikation von Baugrundeigenschaften
- Simulationsmodelle für Abbau- und Transportprozesse
- Werkstoffwissenschaftliche und numerische Untersuchungen des Abrasionsverhaltens von Abbauwerkzeugen

D Informationsmanagement und Risikomodellierung

- Transparente und partizipative Planungswerkzeuge
- Echtzeitfähige interaktive Trassenplanung
- Echtzeitbewertung und -visualisierung von Schadensrisiken entlang innerstädtischer Tunneltrassen

Bild 1: SFB 837 Teilprojektbereiche A-D

schon Simulationsmodellen zur Abbildung des Baugrunds und aller wesentlichen technischen und logistischen Verfahrensabläufe werden verbesserte umweltschonendere und risikoärmere Planungsansätze und Vortriebsprozesse ermöglicht. Diese Modelle werden in echtzeitfähiger Form für eine interaktive digitale Trassenoptimierung von Tunnelbauprojekten in innerstädt-

schen Gebieten weiterentwickelt. Damit eröffnet der SFB 837 Perspektiven für neuartige partizipative, durch Methoden der Virtual Reality unterstützte Planungsinstrumente im Tunnelbau. Mit dem baubegleitenden Einsatz von Echtzeitmodellen erfolgt ein weiterer wichtiger Schritt hin zu einer computergestützten Steuerung des Vortriebsprozesses.

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN STATIK UND DYNAMIK

COMPUTATIONAL ANALYSES OF PRESSURE DISTRIBUTION AND MATERIAL TRANSPORT IN EPB SHIELD MACHINES

Mechanized tunneling is a highly automated construction process that has proven itself to be suitable for use in a wide range of different geological and hydrological conditions. Its application ranges from urban tunnels driven below sensitive structures with low ground cover to deep alpine tunnels characterized by large ground pressures and high overburdens. Earth Pressure Balance (EPB) shield machines are widely used in mechanized tunneling of soft and mixed ground in recent years due to their applicability in an increasingly large range of ground conditions and lower cost compared to slurry shields. In the tunneling operation with EPB shield machines, the excavated soil is used as the support medium to maintain the stability of the tunnel face. During

the excavation process, the property of the in-situ ground in front of the cutterhead is modified by injecting conditioning materials in front of the cutterhead before it is excavated and transported into the pressure chamber through the openings on the cutterhead. The soil paste circulates inside the chamber by the stirring action of the cutterhead rotator arms and a number of rotating as well as fixed mixing arms. It is then discharged out of the chamber towards the back-up trailer through the conveyor system under the control of the rotating screw. [1]

Since in EPB shield machines the pressure distribution at the cutting face is transient and depends on the material transport characteristics, one major research question investigated in Subproject C4 of the Collaborative research Project SFB 837 is to investigate the influence of the design of the

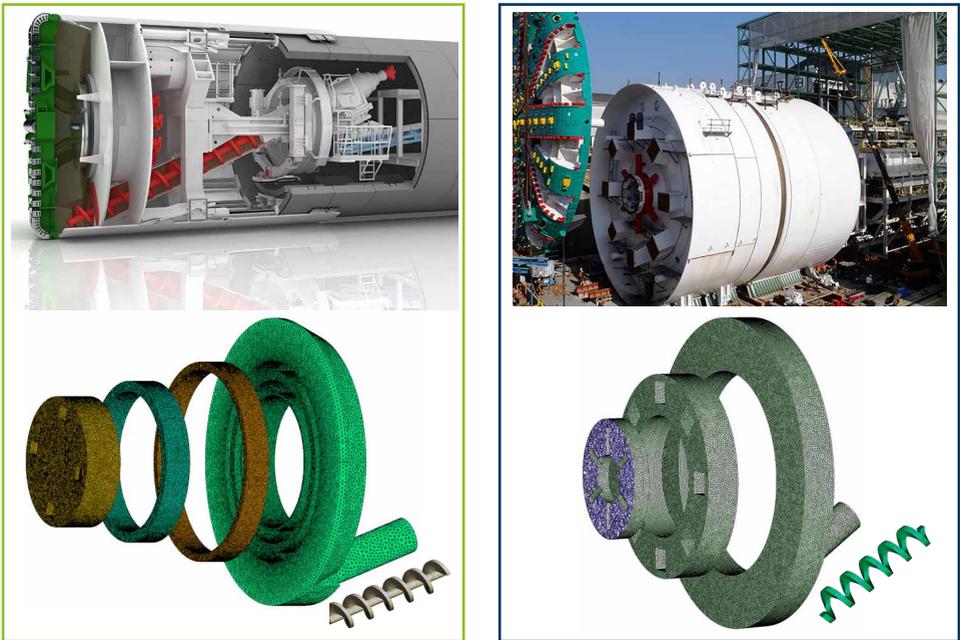


Fig. 1: Earth Pressure Balance shield machines and computational meshes – left: Herrenknecht (TBM 1), right: Hitachi (TBM 2)

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

STATIK UND DYNAMIK

pressure chamber and the rheological properties of the soil-foam mixture. Another major research question is related to the influence of the chamber design on the efficiency of the material transport from the cutterhead towards the screw conveyor attached to the bulkhead of the pressure chamber of the machine. To this end, a computational model for the simulation of material flow in different EPB chambers has been developed [2]. The flow equations of the excavated soil paste, modeled as a compressible non-Newtonian fluid, are solved by the Finite Element method. The interaction of the rotating interior components in the chamber with the soil paste is enabled by means of Immersed Boundary and Shear-Slip Mesh Update method. Two realistic numerical models, based on a Herrenknecht (TBM 1) with a diameter of 7 m and a Hitachi EBP shield machine (TBM 2) with a diameter of 17.5 m as shown in Fig. 1, were considered for the study of pressure distribution. The relative pressure profiles measured at the monitoring points located on the bulkhead were investigated.

Fig. 2 shows that the pressure distribution highly depends on the machine design as well as the material properties of the soil paste mixture. When the soil paste is adequately compressible, there exists a pressure unbalance between the left- and right-hand sides of the chamber, which is consistent with in-situ observations. The pressure in TBM 1 strongly fluctuates when the compressibility of the soil paste decreases, which is relevant for the case of a high pressure level in the chamber or lack of foam conditioning. In contrast, no large pressure fluctuations are observed in TBM 2, which implies, that the pressure is more stable with respect to the change of material properties in this design [3].

The efficiency of material transport in the center zone of the chamber was studied by considering different configurations of the cutterhead rotators, as shown in Fig. 3. It was shown, that a non-

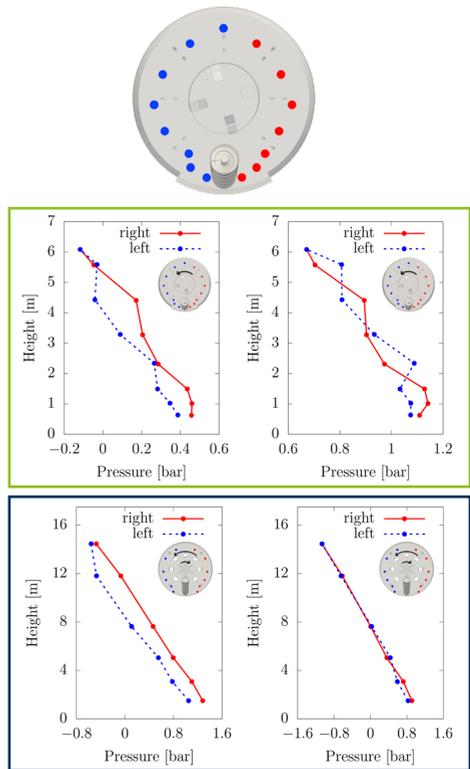


Fig. 2: Relative pressure distributions at monitoring points for the two chambers with different material properties. Top – Monitoring points, middle – TBM 1: compressible and incompressible, bottom – TBM 2: compressible and incompressible

References

- [1] Maidl, B., Herrenknecht, M., Maidl, U., Wehrmeyer, G., 2013. Mechanised shield tunnelling. John Wiley & Sons.
- [2] Dang, T.S., Meschke, G., 2018. A Shear-Slip Mesh Update – Immersed Boundary Finite Element model for computational simulations of material transport in EPB tunnel boring machines. Finite Elements in Analysis and Design 142, 1–16.
- [3] Dang, T.S., 2018. Computational methods and numerical analyses of material transport in EPB shield machines. Ruhr-Universität Bochum.
- [4] Meschke, G., 2018. From advance exploration to real time steering of TBMs: A review on pertinent research in the Collaborative Research Center "Interaction Modeling in Mechanized Tunneling." Underground Space, Computational Methods in Mechanized Tunneling 3, 1–20.

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

STATIK UND DYNAMIK

symmetric arrangement of the rotators leads to a significantly improved performance in terms of expelling the material out of the center zone towards the screw conveyor [4]. In contrast, for the

symmetric configuration, the material stays longer in the center zone of the chamber, which increases the risk of clogging and degradation of material properties.

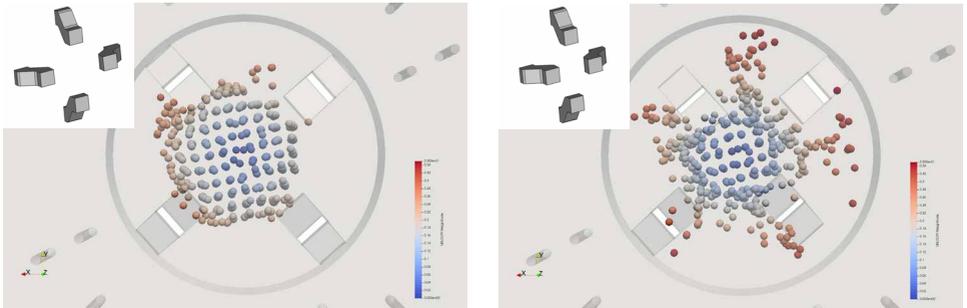


Fig. 3: Tracing particles in the center zone of the chamber for symmetric (left) and non-symmetric (right) configurations of cutterhead rotators

BAUSTOFFTECHNIK

MATERIALERMÜDUNG VON ON- UND OFFSHORE WINDENERGIEANLAGEN AUS HOCHFESTEM STAHLFASERBETON UNTER HOCHZYKLISCHER BEANSPRUCHUNG

Der Ausbau von erneuerbaren Energien gewinnt im Zuge der derzeitigen Energiewende zunehmend an Bedeutung. Insbesondere in Deutschland wird die Entwicklung und Herstellung von Windenergieanlagen weiter optimiert und vorangetrieben. Das stetige Bestreben nach immer leistungsfähigeren Anlagen führt gleichzeitig zu immer höheren Beanspruchungen der Tragkonstruktionen und gleichsam der verwendeten Materialien. On- und Offshore Windenergieanlagen sind dauerhaft enormen dynamischen Beanspruchungen ($N = 10^9$ Lastwechsel) aus dem Anlagenbetrieb sowie Wind und Wellen ausgesetzt, wodurch insbesondere die Gründungs- und Turmkonstruktionen infolge der Materialermüdung gefährdet

sind. Zurzeit werden die Turmkonstruktionen, teils auch die Gründungen der Windenergieanlagen überwiegend in Stahlbauweise errichtet. Die Entwicklung immer leistungsfähigerer Betone macht es jedoch möglich, insbesondere Turmkonstruktionen in Stahlbeton- und Spannbetonbauweise mit zusätzlicher Stahlfaserbewehrung herzustellen.

An dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Verbundforschungsvorhaben „WinConFat“, in dem sieben universitäre Institute sowie die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung kooperieren, beteiligt sich auch der Lehrstuhl für Baustofftechnik der Ruhr-Universität Bochum. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeit liegt dabei auf dem Potential und der Wirkungsweise von Stahlfasern in hochfesten und ultrahochfesten Betonen unter Ermüdungsbeanspruchung.

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

BAUSTOFFTECHNIK

Die deutlich geringere Duktilität (ultra-)hochfester Betone gegenüber normalfester Betone kann bei anhaltender Schwellbeanspruchung im ungünstigsten Fall zu einem schlagartigen Versagen führen. Die Zugabe von Stahlfasern kann die Duktilität durch eine rissüberbrückende Wirkung im Betongefüge erheblich verbessern. Wie sich dies jedoch auf (ultra-)hochfeste Betone abbildet, ist weitgehend unbekannt. Zur Erforschung dieses Materialverhaltens wird an überwiegend hochfesten, orientierend auch an ultrahochfesten Betonen, der Einfluss von Stahlfasern auf das Ermüdungsverhalten untersucht. Mittels einem an der Ruhr-Universität Bochum entwickelten Sechsfachprüfstand für Biegeschwellversuche werden prismatische Probekörper ($150 \times 150 \times 700 \text{ mm}^3$) mit bis zu $N \leq 5 \cdot 10^7$ Lastwechsel beansprucht.

Der in Bild 1 dargestellte Sechsfachprüfstand erzeugt mittels einer Vier-Punkt-Biegezugbeanspruchung im Bereich des maximalen Moments eine Zugbeanspruchung im Betongefüge und damit einhergehend die Initiierung einer Mikrorissbildung. Bei dauerhaft wiederkehrender Be- und Entlastung der Probekörper folgen neben der Entstehung von neuen Mikrorissen auch die Aufweitung sowie der Zusammenschluss vorhandener Mikrorisse zu Makrorissen. Dies kann zu einer erheblichen Ermüdung des Betongefüges und zu einem schlagartigen Versagen führen. Die Zugabe von Mikrostaahlfasern soll die bereits vorhandenen Mikrorisse überbrücken und somit das Vergrößern und Zusammenschließen dieser unterbinden (s. Bild 2). Im Wesentlichen wird bei den Biegeschwellversuchen die Bruchlastwechselzahl ermittelt sowie die Dehnungsentwicklung und Degradation im Mikrogefüge untersucht. Letzteres wird anhand von diskontinuierlichen Ultraschalllaufzeitmessungen respektive der damit ermittelbaren Änderung des dynamischen E-Moduls bestimmt. Nach Beendigung der Ermüdungsbeanspruchung wird die Restbiegezugfestigkeit



Bild 1: Sechsfachprüfstand für Biegeschwellversuche von prismatischen Probekörpern

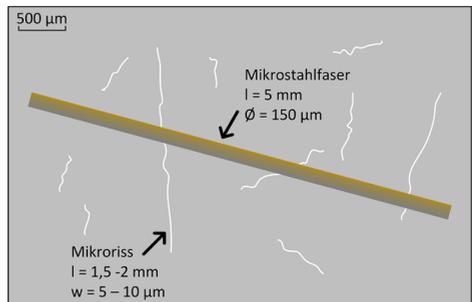


Bild 2: Rissüberbrückende Wirkung von Mikrostaahlfasern im Betongefüge

bestimmt. An ausgewählten Proben wird zudem die Gefügeschädigung und Faserverteilung an Dickschliffen mikroskopisch sowie die rissüber-

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

BAUSTOFFTECHNIK

brückende Wirkung der Mikrostahtfasern mit Hilfe der 3D-Computertomographie analysiert.

Ziel dieses Untersuchungsprogramms ist es, wissenschaftliche Erkenntnisse zur Erweiterung von Bemessungsansätzen auf hochfeste Stahtfaserbetone unter Ermüdungsbeanspruchung zu ge-

DETERIORATION OF HIGH-PERFORMANCE CONCRETE UNDER CYCLIC LOADING

As part of the Priority Program 2020 "Cyclic deterioration of High-Performance Concrete in an experimental-virtual lab" the subproject "Effect of microfibers on degradation in High-Performance Concrete under cyclic loading" of the Institute of Building Materials and the Institute for Structural Mechanics investigates the degradation of High-Performance Concrete.

The aim of the research project is to investigate the potential of microfibers to limit the degradation in high-performance concrete under cyclic loading. The underlying mechanisms of degradation of High Performance Concrete (HPC) under cyclic loading on the micro-structural level and particularly the effect of microfibers have up to now neither been sufficiently investigated nor have adequate models been proposed. It has to be clarified in which stage of the damage process the micro-fibers unfold their effect. Furthermore, it should be noted that at high compressive stresses primarily an increase of the number of micro-cracks is to be considered. With the focus on the cyclically induced damage processes, it should also be investigated, to what extent the development of micro-cracks within the concrete depends on the aggregate distribution and on the heterogeneity (capillary voids, micro air voids) in the cement stone. The degradation process is captured experimentally and numerically simulated at the experimental-virtual lab.

nerieren. Gerade vor dem Hintergrund des steigenden Bedarfs an erneuerbaren Energien spielt die Entwicklung hochfester Betone und die Wirksamkeit von Mikrostahtfasern unter dem Aspekt der enormen Ermüdungsbeanspruchung eine bedeutende Rolle für die wirtschaftliche und dauerhafte Konstruktion von Windenergieanlagen.

Experimental investigations of degradation processes in high performance concrete (Institute for Building Materials): Pull-Out tests of carbon and high-strength steel microfibers in a cement-based matrix

In order to describe the effect of microfibers on the development of microcracks in a cement-based matrix, knowledge about the bonding and deformation behavior of microfibers in a cement-bound matrix under both static and cyclic loads is indispensable. Pull-Out tests of single-fibers were used to investigate the interfacial bond strength (Fig. 1). Furthermore, the toughness and load transfer between cement-based matrices and carbon microfibers as well as high-strength steel microfibers were investigated. Therefore, the development of a new testing procedure for single fiber Pull-Out tests from a cement based matrix is necessary.



Fig. 1: Pull-Out tests of high-strength steel microfibers

ing procedure for single fiber Pull-Out tests from a cement based matrix is necessary.

The bond properties of single carbon fibers (diameters about 5 - 10 μm) and high-strength steel fibers (diameters about 150 - 200 μm) were tested in cement pastes and mortars. Parameters such as the inc-

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

BAUSTOFFTECHNIK

lination angle and embedment length have been varied. The handling of single carbon fibers at any stage of testing and preparation is the crucial aspect in the development of a pullout test for fibers from several matrices since they are very thin (5 - 10 μm) and brittle. Thus, detecting the direct pullout behavior of a single carbon fiber with a small diameter of about 5 - 10 μm is very complicated. The aim of the research is to investigate the effect of microfibers on the development of microcracks and to gain knowledge of the bonding and deformation behavior in the cement stone or mortar. It is of particular interest to which extent the carbon fibers as well as the high-strength steel fiber can transmit tensile stresses across a crack in the cement stone or mortar, or whether the fiber is pulled out of the matrix (see Fig. 2).

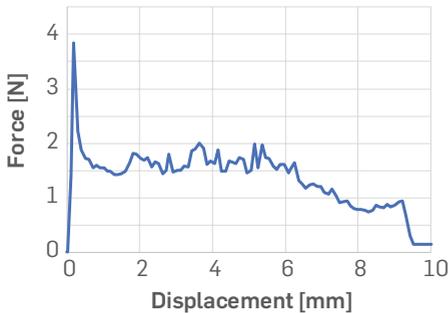


Fig. 2: Typical Force-Displacement relationship of a high-strength steel microfiber Pull-Out Test

Single-axis static and cyclic tensile tests on notched high-strength concrete prisms

To determine the tensile strength and fracture energy, tests are carried out on notched concrete specimens. The notch, introduced on both sides, acts as a predetermined breaking point and enables the detection of a force-crack opening relationship by means of an Epsilon Clip-On Gage. The tests are carried out on high-strength concrete and mortar test specimens with and without the addition of micro-fibers. In particular,

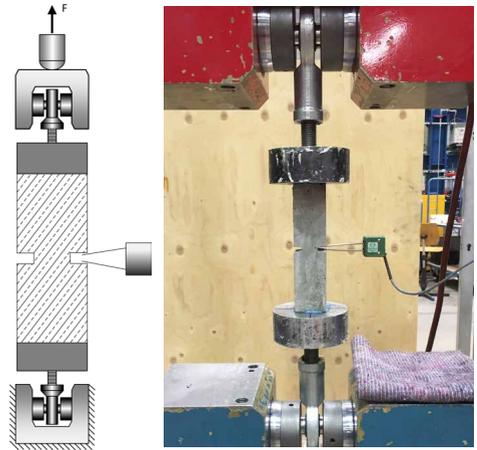


Fig. 3: Breadboard of static tensile test on notched prism

the micro-crack growth and orientation of the micro-cracks are to be examined microscopically after a predefined number of load cycles in the following cyclical investigations. Furthermore, the expansion behavior of the microfibers is detected at the symmetrical predetermined breaking point.

Stochastic simulations of fracture processes on the meso-scale of concrete (Institute for Structural Mechanics)

Concrete subjected to cyclic loading experiences progressive degradation which can reduce the load carrying capacity of structures and lead to premature damage and failure. In order to gain insights into the nature of the progressive damage in concrete, in the scope of the DFG Priority Program 2020, the influence of heterogeneity and disorder on the meso-scale level of concrete is currently being investigated numerically at the institute of Structural Mechanics.

Failure of concrete subjected to tension is not perfectly brittle, but shows a post-peak softening in the load displacement curve as obser-

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

BAUSTOFFTECHNIK

ved routinely in experiments since the 1960s. This post-peak softening has been attributed to the existence of a non-negligible fracture process zone (FPZ) formed in regions of material that experience very high stress concentrations, (e.g. near the defects, notch tips, etc.) as a consequence of high heterogeneity of concrete. In this zone various fracture processes occur, such as diffuse damage in form of micro-cracking that develop ahead of the crack tip and shield the crack tip from stress concentrations or crack wake processes such as crack face bridging by unbroken aggregates and ligaments which resist crack face opening and thus provide residual stiffness in the post-peak regime. The processes described above are crucial for understanding of failure of concrete both under quasi-static and cyclic loading. In preliminary work two approaches are considered for analysis of the influence of material disorder on damage evolution in concrete under quasi-static uniaxial loading: 1) a fiber bundle model, and 2) a 2-dimensional high-fidelity finite element model based on element erosion.

The fiber bundle model

The fiber bundle is a simple model originating from theoretical physics used to model the failure of disordered materials. The fiber bundle consists of many parallel fibers, with varying elastic properties and strengths, clamped between two plates. The breaking of the fibers can be thought of as debonding process occurring in real materials during fracture. The strength thresholds of fibers in a bundle are sampled according to the Weibull distribution (Fig. 4).

As the load is increased, the fibers fail one by one as their strength thresholds are reached and after the peak load is reached, bundles with global load sharing mechanism exhibit softening behavior under a displacement controlled experiment (Fig. 5).

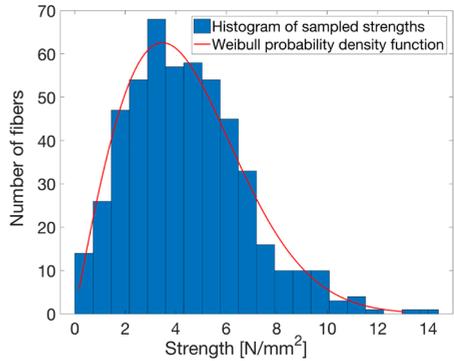


Fig. 4: Histogram of sampled strengths used in fiber bundle extension experiment. Red line: Weibull probability density function from which the strengths are sampled

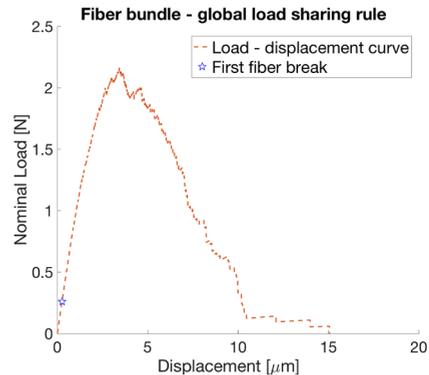


Fig. 5: Load-displacement curve for the fiber bundle model

High fidelity erosion based Finite Element model

The meso-structure of cement paste is modelled by means of high resolution finite element model based on element erosion in order to gain insight into the similarities of the failure mechanisms occurring in this setting with the 1D fiber bundle models. A notched square specimen is loaded in uniaxial tension. At the peak load, damage localizes into a single crack and the specimen

NEUES AUS DEN LEHRSTÜHLEN UND ARBEITSGRUPPEN

BAUSTOFFTECHNIK

ultimately fails (Fig. 6 and Fig. 7). The specimen experiences significant diffuse damage before the dominant crack starts propagating from the notch. Even after the localization of damage, diffuse damage occurs around the 'crack tip' (Fig. 7).

Furthermore, crack face bridging can be observed, indicated by stress concentration in the unbroken ligaments that bridge the crack. In order to gain more insight into the influence of strength randomness, a series of 500 stochastic numerical experiments have been conducted on the same specimen, with different realizations of the strength thresholds, sampled from Weibull distribution. The resulting load-displacement curves are presented in Figure 8 and they show, on average, some residual load-carrying capacity of the specimen in the post-peak regime.

The evolution of the progressive damage in disordered heterogeneous materials such as concrete is a highly complex three-dimensional problem. The extension of the described models to handle 3D dynamic load cases considering the detailed microstructure of concrete with and without micro-fiber reinforcement is currently under development at the institute of Structural Mechanics.

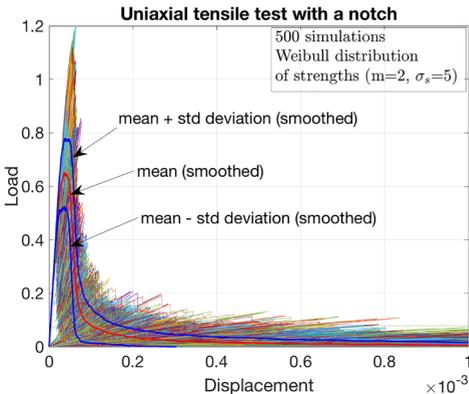


Fig. 8: Load-displacement curves from 500 stochastic simulations

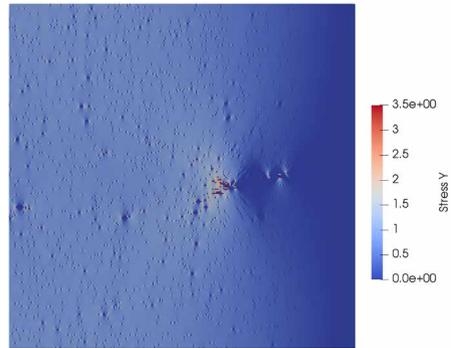


Fig. 6: High fidelity finite element model with disordered material properties. Diffuse damage is spread throughout the whole specimen. Crack starts to propagate from the notch on the right side

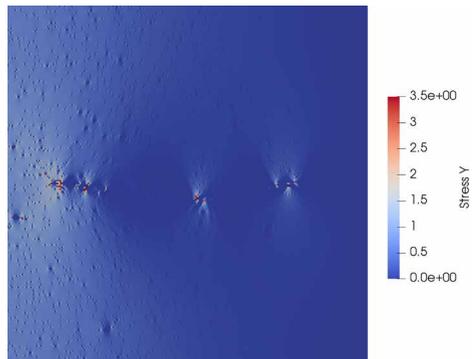
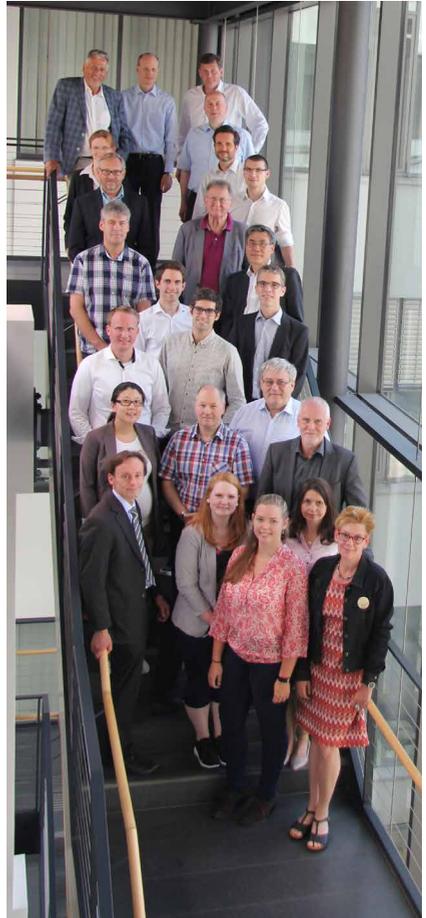


Fig. 7: High fidelity finite element model with disordered material properties. Stress distribution prior to complete failure

PROFESSUREN DER FAKULTÄT

- Baustofftechnik
Prof. Dr.-Ing. R. Breitenbücher
- Grundbau, Boden- und Felsmechanik
N.N.
- Massivbau
Prof. Dr.-Ing. P. Mark
- Stahl-, Leicht- und Verbundbau
Prof. Dr. sc. techn. M. Knobloch
- Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb
Prof. Dr.-Ing. M. Thewes
- Windingenieurwesen und Strömungsmechanik
Prof. Dr.-Ing. R. Höffer
- Informatik im Bauwesen
Prof. Dr.-Ing. M. König
- Mechanik adaptiver Systeme
Prof. Dr.-Ing. T. Nestorović
- Mechanik - Kontinuumsmechanik
Prof. Dr.-Ing. Daniel Balzani
- Mechanik - Materialtheorie
Prof. Dr. rer. nat. K. Hackl
- Statik und Dynamik
Prof. Dr. techn. G. Meschke
- High Performance Computing
in the Engineering Sciences
Prof. Dr. phil. nat. Andreas Vogel
- Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik
Prof. Dr. rer. nat. A. Schumann
- Ressourceneffizientes Bauen
Prof. Dr.-Ing. Annette Hafner
- Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik
Prof. Dr.-Ing. M. Wichern
- Structural Health Monitoring
Prof. Dr.-Ing. Inka Müller
- Umwelttechnik und Ökologie im Bauwesen
Prof. Dr. rer. nat. H. Stolpe
- Verkehrswegebau
Prof. Dr.-Ing. M. Radenberg
- Verkehrswesen - Planung und Management
Prof. Dr.-Ing. J. Geistefeldt



KONTAKTE UND NÄHERE INFORMATIONEN

Nähere Informationen zu Forschung und Lehre sind unter der Fakultätshomepage www.fbi.rub.de zu finden.
Die Leiterinnen und Leiter der Lehrstühle und Arbeitsgruppen stehen gerne für weitere Auskünfte zur Verfügung.

IMPRESSUM – FÜR DEN INHALT VERANTWORTLICH

Prof. Dr.-Ing. R. Höffer, Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften,
Ruhr Universität Bochum, 44780 Bochum



FAKULTÄT FÜR
BAU- UND UMWELT-
INGENIEURWISSENSCHAFTEN