

Einblicke

Forschungsmagazin 2023

298769.09 m Ost
4635312.36 m Nord
69.24 m ü. M.

298764.378 m Ost
4635314.16 m Nord
68.97 m ü. M.

Schwerpunkt:

**Kulturerbe
erforschen**



Mit Gründung des Deutschen Kaiserreichs 1871 ging ein neues Geschichtsbewusstsein einher. Das zeigte sich auch in der Architektur: Neben vielen verschiedenen Stilen entwickelte sich der Historismus, der Baustile der Renaissance imitierte. So gestaltete der Leipziger Architekt und Stadtbaurat Hugo Licht einen von der Neorenaissance geprägten Bildungsbau an der Wächterstraße (1890/1903), der ursprünglich als Städtische Gewerbeschule Leipzig konzipiert war – eine Vorgängereinrichtung unserer Hochschule. Der Wiener-Bau im Leipziger Musikviertel dient heute als Sitz der Fakultät Ingenieurwissenschaften, Bereich Elektro- und Informationstechnik der HTWK Leipzig und ist das älteste Gebäude der Hochschule. In den Jahren 1992 bis 2002 sanierte der Freistaat Sachsen das Gebäude für 17 Millionen D-Mark. Mit Wien hat der Gebäudename übrigens nichts zu tun: Er geht auf den Mathematiker und Begründer der interdisziplinären Wissenschaftsdisziplin Kybernetik Norbert Wiener zurück.



Abonnieren Sie kostenfrei das
Forschungsmagazin *Einblicke* unter
htwk-leipzig.de/einblicke

Mark Mietzner

Liebe Leserinnen und Leser,



es ist wieder so weit: Wir präsentieren Ihnen die neue Ausgabe unseres Forschungsmagazins mit Einblicken in aktuelle Themen, an denen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten.

Mit dem erst kürzlich vollendeten 30-jährigen Jubiläum unserer Hochschule und der bis ins 18. Jahrhundert zurückliegenden akademischen Verwurzelung unserer Institution in Leipzig blicken wir auf eine lange Historie zurück, deren Forschungsergebnisse weit über die Region hinauswirken. Als Hochschule für Angewandte Wissenschaften richten wir unsere Forschungsschwerpunkte stets an den gesellschaftlichen Entwicklungen und Herausforderungen unserer Zeit aus. Wir verstehen es als unseren Auftrag, diese ausgeprägte Forschungskultur sichtbar zu machen und deren Ergebnisse in den Dienst der Gesellschaft zu stellen.

Die Forschungsleistung der HTWK Leipzig basiert neben der befruchtenden Zusammenarbeit mit Praxispartnern auch auf der traditionell engen und besonders nachhaltigen institutionellen Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Bildungs- und Forschungseinrichtungen. Denn auch durch eine kluge und enge Verzahnung von Hochschulen mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen, der Einbindung der regionalen Wirtschaft, den kommunalen Einrichtungen und der Forschungsleistung der Länder und des Bundes

entstehen kreative Netzwerke und tragfähige Kooperationen, die dringend benötigte Innovationsimpulse und Technologietransfers hervorbringen können.

Mit Blick auf das „K“ für Kultur in unserem Namen beschäftigen wir uns in dieser Ausgabe vor allem damit, kulturelles Erbe zu erforschen. Wir zeigen, welchen Beitrag die Forschenden der HTWK Leipzig leisten, um Kulturgüter mithilfe von Technik zu schützen, zu bewahren und damit für künftige Generationen zu erhalten. Beispiele wie die Nutzung von Radiowellen zur Entfernung von Schadstoffen oder digitale Datenbanken zur besseren Verknüpfung von Informationen verdeutlichen das enorme Potenzial unserer Forschung.

In den Schlaglichtern bieten wir Ihnen außerdem einen Überblick über die vielfältigen Themen, an denen wir arbeiten: Von künstlicher Intelligenz im Kanu-Rennsport bis zu Hochhäusern aus Holz ist die Spannweite groß.

Lassen Sie sich von den Forschungsaktivitäten unserer Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler inspirieren!

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre.

Ihr Prof. Dr. Mark Mietzner, Rektor der HTWK Leipzig

Schwerpunkt

Kulturerbe erforschen

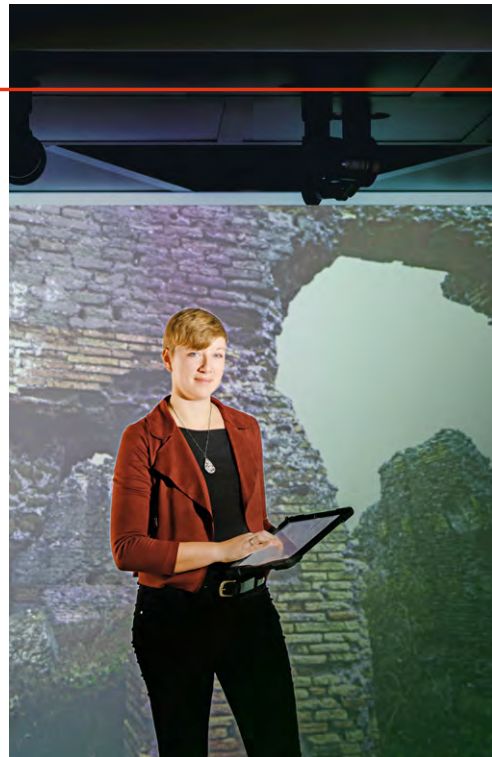
➤ **8 Intro:** Kultur ist identitätsstiftend und deshalb schützenswert

➤ **10 Kurz vorgestellt:** Vier Forschungsprojekte, bei denen Technik hilft, Kulturgüter zu erforschen und zu erhalten

➤ **12 Kunstgeschichte: Jenseits von Ost und West:** Die historischen Regionen Duklja und Raszien sind kaum bekannt, doch zeugen zahlreiche Kirchen und Klöster von der ereignisreichen Geschichte einer Pufferzone zwischen zwei Großmächten

➤ **18 Vermessungskunde: Geschichte digital vermessen**
Für die historische Bauforschung bietet „Building Information Modeling“ Potenzial. Möglichkeiten und Grenzen der Technologie eruieren HTWK-Forschende mit Partnern an einer kaiserzeitlichen Villa in Italien

➤ **24 Industriekultur: Konsum-Spektakel für Millionen**
Die Sächsisch-Thüringische Industrie- und Gewerbeausstellung (STIGA) zog 1897 in Leipzig ein Millionenpublikum in ihren Bann. Sie ist Sinnbild für den gesellschaftlichen Wandel im 19. Jahrhundert



In der Cave der HTWK Leipzig, einem 3D-Projektionsraum, steht Ilka Viehmann vor einem digitalen Modell der antiken römischen Villa ➤ **18**

Fotowettbewerb

➤ **32 Forschungsperspektiven:**
Wir zeigen die drei Gewinnerbilder des Fotowettbewerbs vom Graduiertenzentrum



In Zahlen

↗ 6 Forschungsstatistik 2022 der HTWK Leipzig Drittmittel – Finanzvolumen – Personal und Promovierende



Schlaglichter

↗ 34 **Karrierewege:** An der HTWK Leipzig promoviert – und dann? Vier Promovierte im Portrait

↗ 36 **Saxony⁵:** Weitere fünf Jahre hoch fünf
Fünf sächsische Hochschulen für Angewandte Wissenschaften stärken gemeinsam den Wissens- und Technologietransfer

↗ 42 **Energietechnik:** Sichere und effiziente Stromnetze
Dissertationspreis 2022 für Dr. Kai Bartholomäus

↗ 43 **Medizintechnik:** Was kann die Hand?
Das Start-up HandWerk Test- und Therapietechnik

↗ 44 **Umwelttechnik:** Mit Radiowellen
Schlaglöcher sanieren Das Start-up RWInnoTec

↗ 46 **Maschinenbau:** Forschung am Fahrrad
Neues Lehr- und Forschungslabor Bikelab

↗ 47 **Computer Vision:** Künstliche Intelligenz
im Kanu-Rennsport Software wertet Paddeltechnik automatisch aus

↗ 48 **Geothermie:** Wärme aus der Tiefe
Erdwärme-Anlagen besser planen

↗ 52 **Bauwesen:** Modellfabrik für Carbonbeton eröffnet
Carbonbetontechnikum will Überführung in breite Anwendung beschleunigen

↗ 53 **Baumechanik:** Hochhäuser aus Holz
Modell für statische und dynamische Berechnungen von Holzbauten

↗ 54 **Angewandte Mathematik:** Digitale Zwillinge
für die Wettervorhersage Virtuelles Modell soll Wassergehalt in Wolken vorhersagen

↗ 56 **Sozialpolitik:** Sicheres Wohnen gegen
häusliche Gewalt Aufbau einer interdisziplinären Forschungsstelle

↗ 56 **BIM:** Neuer Workflow in der Baubranche
einfachbim.de soll Methode „Building Information Modeling“ voranbringen

↗ 57 **Blick zurück:** Damit der Boden uns trägt
Dem Covermotiv der *Einblicke* vor zehn Jahren auf der Spur

↗ 58 **Dieses tolle Ding ...** Eyetracking-Brille Tobii Pro
Glasses 2 Technik an der HTWK Leipzig vorgestellt

↗ 59 Impressum und Fördernachweise

2022

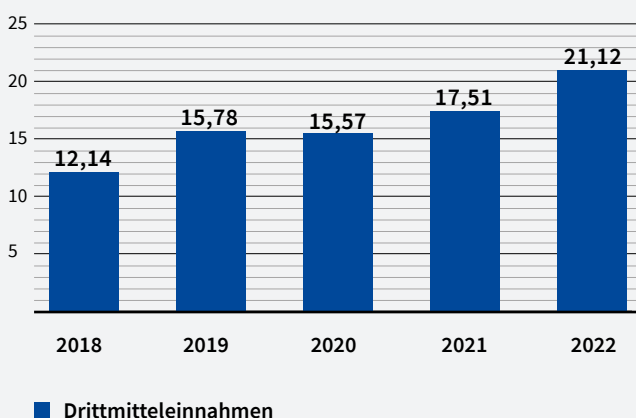
21,12

Mio. Euro

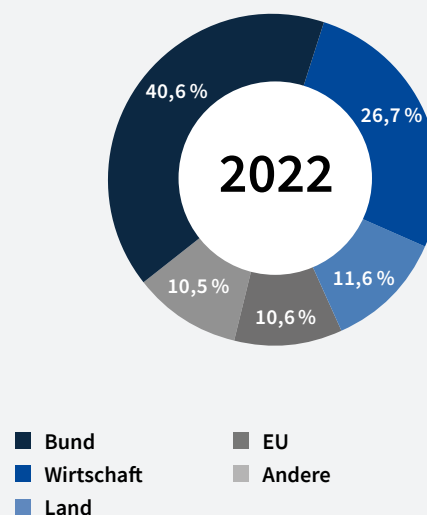
... Drittmittel warb die HTWK Leipzig 2022 im Wettbewerb mit anderen Wissenschaftseinrichtungen von Bund, Land, Wirtschaft und EU zusätzlich ein. Daraus entfielen 4,34 Millionen Euro auf das Forschungs- und Transferzentrum (FTZ) der Hochschule. Für die Fakultät Digitale Transformation stiftete die Deutsche Telekom 3,12 Millionen Euro.

Entwicklung 2018–2022

Drittmittelleinnahmen in Mio. Euro

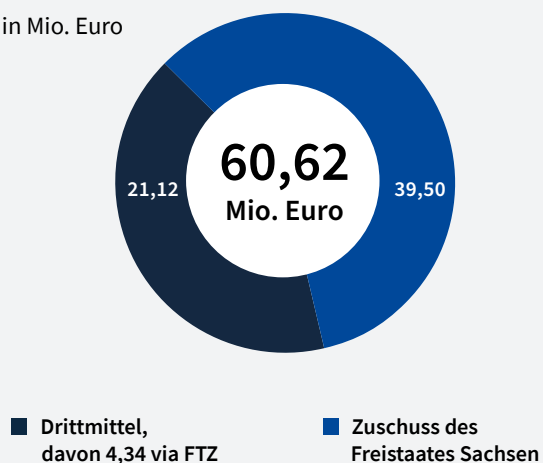


Herkunft Drittmittel



Finanzvolumen

in Mio. Euro



6.651
Studierende¹



1.285
Absolventinnen und Absolventen²

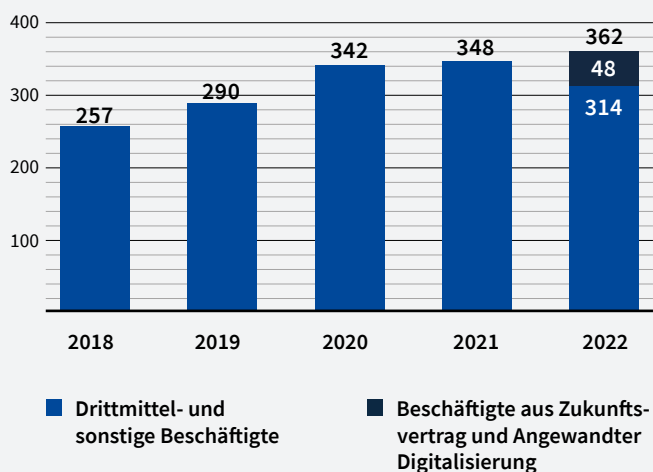
362

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

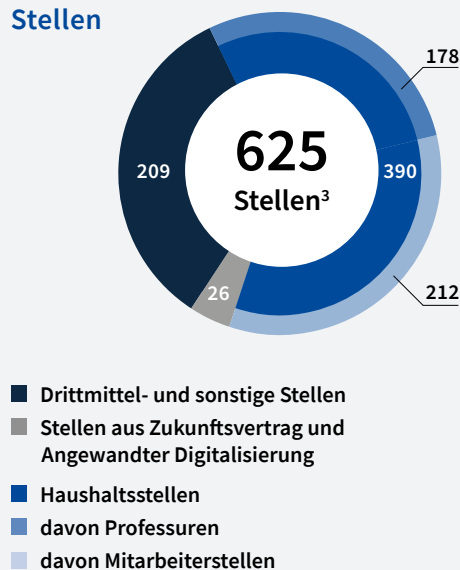
... wurden 2022 aus Dritt- und Sondermitteln sowie den Unterstützungsmitteln des „Zukunftsvertrags Studium und Lehre stärken“ und der „Angewandten Digitalisierung“ finanziert. Sie arbeiten in zahlreichen Forschungsvorhaben, in Projekten zur Internationalisierung, in der Lehre und in vielen Bereichen zur Verbesserung der Studienbedingungen. Alle zusätzlichen Stellen tragen maßgeblich zum Innovationspotenzial und zur Leistungsfähigkeit der Hochschule bei.

Entwicklung 2018–2022

Beschäftigte aus Dritt- und Sondermitteln



Stellen



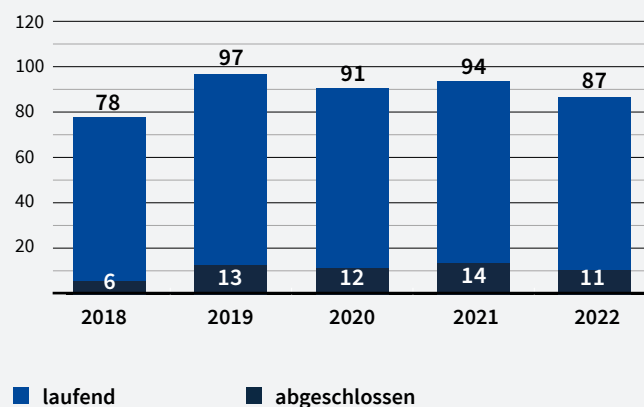
87

Promovierende

... wurden 2022 von Professorinnen und Professoren der HTWK Leipzig bei ihrem Promotionsvorhaben in Kooperation mit einer Universität betreut.

Promotionsvorhaben

in Kooperation mit Universitäten



Kulturerbe erforschen



300.000

Jahre sind die ältesten Überreste frühester kultureller und technologischer Zeugnisse unserer Spezies alt. Die Feuerstein-Spitzen und andere Steinwerkzeuge wurden in Afrika gefunden

Was wir denken und fühlen, welche Werte wir vertreten und welche Vorstellungen wir uns von der Welt machen – das alles ist Kultur. Sie manifestiert sich in Baustilen, Bildern, Tänzen, Tönen, Traditionen oder Wörtern, um nur einige Beispiele zu nennen. Was uns Menschen davon besonders wertvoll, beständig und schützenswert erscheint, bezeichnen wir als Kulturgut – in ihrer Gesamtheit als Kulturerbe. Kulturgüter sind Symbole nationaler, regionaler oder lokaler Identität und haben vor allem einen ideellen Wert. Sie sollen auch für künftige Generationen erhalten bleiben und allgemein zugänglich sein.

Daraus leitet sich die Aufgabe ab, Kulturgüter zu erforschen und vor Verfall, Zerstörung oder Entfernung von ihrem angestammten Ort zu schützen. Den rechtlichen Rahmen für den Schutz regeln das seit 2016 gültige Kulturgutschutzgesetz sowie einige europäische und landesrechtliche Bestimmungen. Weltweit setzt sich vor allem die UNESCO für den Schutz des Kulturerbes ein. Die Organisation der Vereinten Nationen für Bildung, Wissenschaft, Kultur und Kommunikation wurde nach dem Zweiten Weltkrieg gegründet und verwaltet seit 1972 das Welterbe der Menschheit. Seit 2003 zählt auch das immaterielle Kulturerbe dazu, also lebendige kulturelle Ausdrucksformen wie Musik, Theater, Feste und mündliche Überlieferungen. Um auf die UNESCO-Liste zu kommen, reichen

Staaten ihre Vorschläge zum Weltkulturerbe ein. Fachleute entscheiden dann, ob es sich um wertvolles, beständiges und schützenswertes Kulturgut handelt.

Wichtige Grundlagen für derartige Entscheidungen liefert die Forschung. Um die Besonderheit beispielsweise eines Kunstgegenstands, eines Gebäudes, eines Rituals oder einer Handwerks-tradition einschätzen zu können, ist die Einordnung in einen geschichtlichen und gesellschaftlichen Rahmen vonnöten. Forschende zahlreicher Fachrichtungen von Archäologie bis Ingenieurwissenschaften liefern Erkenntnisse für eine interdisziplinäre, ganzheitliche Betrachtung und Beurteilung.

Auch technische Errungenschaften leisten einen zunehmend wichtigen Beitrag zum Schutz von Kulturerbe: Seien es neue Materialien, Verfahren und Werkzeuge, die eine schonende Behandlung empfindlicher Objekte ermöglichen oder digitale Aufzeichnungs- und Archivierungsmethoden, die Kulturerbe zugänglicher machen. In dieser Ausgabe des Forschungsmagazins der HTWK Leipzig stellen wir einige Forschungsprojekte vor, die einen individuellen Beitrag für die Entdeckung, Erforschung und den Erhalt von Kulturerbe leisten. — kh

1775

wurde das Wort „Cultur“ erstmalig in einem deutschsprachigen Lexikon verwendet. Es stammt vom lateinischen Wort cultura und bedeutete Anbau, Bearbeitung oder Pflege

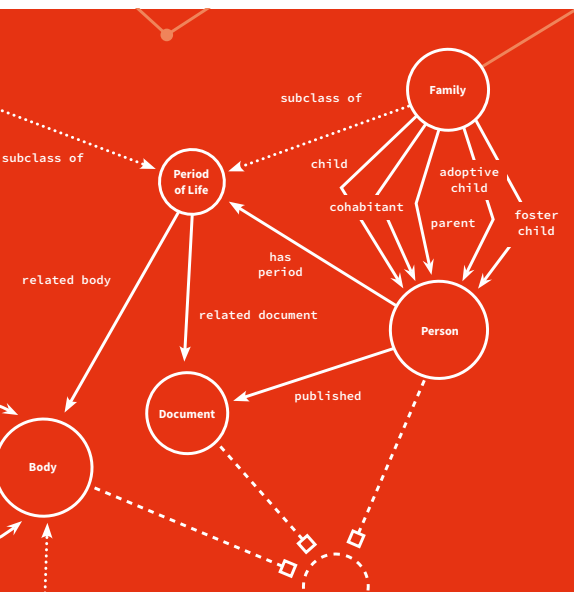


Weißer Kristalle des Insektizids DDT auf einem hölzernen Probekörper

Schonend Schadstoffe entfernen

Um historische Gemälde, Schmuck oder Möbel zu schützen, behandelten Restauratorinnen und Restauratoren sie früher oft mit Chemikalien, die Ungeziefer und Schimmel vorbeugen. Heute ist bekannt, dass viele der eingesetzten Substanzen giftig sind. Also gilt es nun, die Schadstoffe wieder aus den Kulturgütern zu entfernen. Um beispielsweise chlorhaltige organische Substanzen herauszulösen, entwickeln Dr. Ulf Roland, Dr. Frank Holzer und Dr. Ulf Trommler in Kooperation mit dem

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung und anderen Projektpartnern verschiedene Ansätze: Besonders schonend ist es, das Kulturgut mit einem Vlies zu umwickeln, welches die Gifte absorbiert. Die so umwickelten Gegenstände liegen ein bis zwei Jahre lang in einem Archiv. Die optimalen Materialien für das Vlies erprobt das Forschungsteam derzeit im chemischen Labor des HTWK-Forschungszentrums Eilenburger Straße. Ein anderer Ansatz ist, das in den Bioziden enthaltene Chlor mithilfe eines Katalysators durch Wasserstoff zu ersetzen. Radiowellen wiederum können dabei helfen, mit chlororganischen Chemikalien konservierte Gegenstände oder Bauwerke aus Holz zu reinigen. Die Radiowellen erhitzen das Holz ähnlich wie eine Mikrowelle von innen, ohne das Material zu beschädigen. Dadurch entweichen die Schadstoffe schneller und können gezielt abgesaugt werden. — kh



Subjekt, Prädikat, Objekt – so abstrahieren und verknüpfen Informatiker die Lebensdaten ehemaliger Gelehrter, um sie besser erforschbar zu machen

Digitale Archive durchforsten

In Archiven lagern weltweit Dokumente, die von früheren Zeiten berichten. Vieles davon wurde inzwischen digitalisiert. Dieser Datenschatz kann neue Erkenntnisse über unsere Vergangenheit enthüllen – wenn er über klug aufgebaute Datenbanken erschlossen wird. Historikerinnen der Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel und Informatiker der HTWK Leipzig arbeiteten dafür zusammen, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Sie analysierten Karrieremuster von Professoren in der Frühen Neuzeit und entwickelten eine wissenschaftliche Methode zur Forschung in online verfügbaren und verteilten Datenbanken der Universitätsgeschichte. Die Herausforderung: Bereits vorhandene Datenbanken mit Lebens- und Karrieredaten von Professoren mussten sinnvoll miteinander verknüpft werden. Dabei half ihnen das Semantic Web: Es stellt sinnvolle Zusammenhänge zwischen Informationen

her – mithilfe einer Einordnung in Subjekt, Prädikat und Objekt. „Online-Datenbanken können zeit- und kostenintensive Vor-Ort-Recherchen verkürzen und neue Forschungserkenntnisse zutage fördern“, so Informatik-Professor Thomas Riechert. Erste Modelle von professoralen Karrieremustern wurden so erkennbar, jedoch sei es nötig, weitere Dokumente zu digitalisieren, um die Erkenntnisse zu untermauern. Die Algorithmen und die verknüpften Datenbanken sind öffentlich zugänglich. — kh | pcp-on-web.htwk-leipzig.de

Landschaftsprägende Eisenbahnbrücken erhalten

Mit dem Eisenbahnbau entstanden in Europa etwa 200.000 Gewölbebrücken für den Zugverkehr. Viele dieser Brücken veränderten nachhaltig die Landschaft, sind für die Region prägend und heute aus technischen, wissenschaftlichen oder künstlerischen Gründen denkmalgeschützt. Für ihren Erhalt müssen sie regelmäßig inspiziert und in manchen Fällen saniert werden, schon allein, weil die Anforderungen gestiegen sind: Mitte des 19. Jahrhunderts wog ein schwerer Güterzug 200 Tonnen – heute etwa das Zehnfache. Volker Slowik, Professor für Baumechanik an der HTWK Leipzig, führt daher für die deutschen und österreichischen Bahngesellschaften statische Berechnungen zu Eisenbahngewölbebrücken durch. Gemeinsam mit seinem Team hat er das Tragverhalten von über 35 Brücken rechnerisch mithilfe von Finite-Elemente-Simulationen nachgebildet. Nicht immer sind alle Parameter bekannt: Aus welchem Material besteht das Bauwerk im Inneren, wie gut trägt der Untergrund, wo haben Nutzung und Witterung über Jahrzehnte hinweg Spuren hinterlassen? Daher modelliert das Team verschiedene Szenarien und kann dann Aussagen darüber treffen, ob eine Brücke tragsicher ist und, wenn erforderlich, eine noch größere Last tragen könnte. So leisten die Forschungen von Bauingenieuren wie Slowik einen Beitrag dazu, landschaftsprägende Brücken zu erhalten. — kh



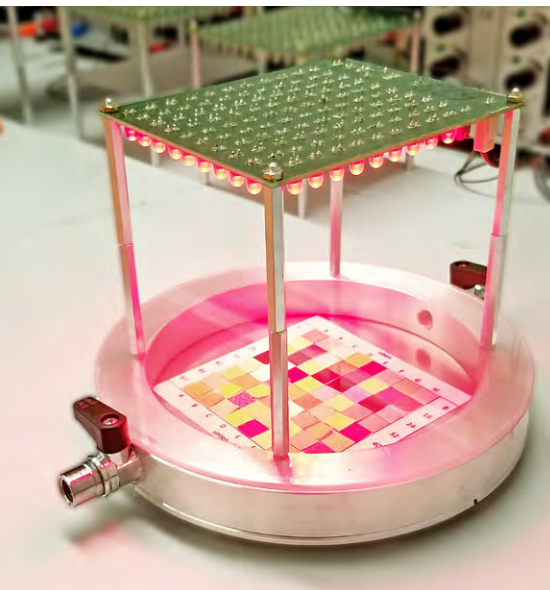
Das 1908 fertiggestellte Ungerbach-II-Viadukt

KULTURERBE ERFORSCHEN

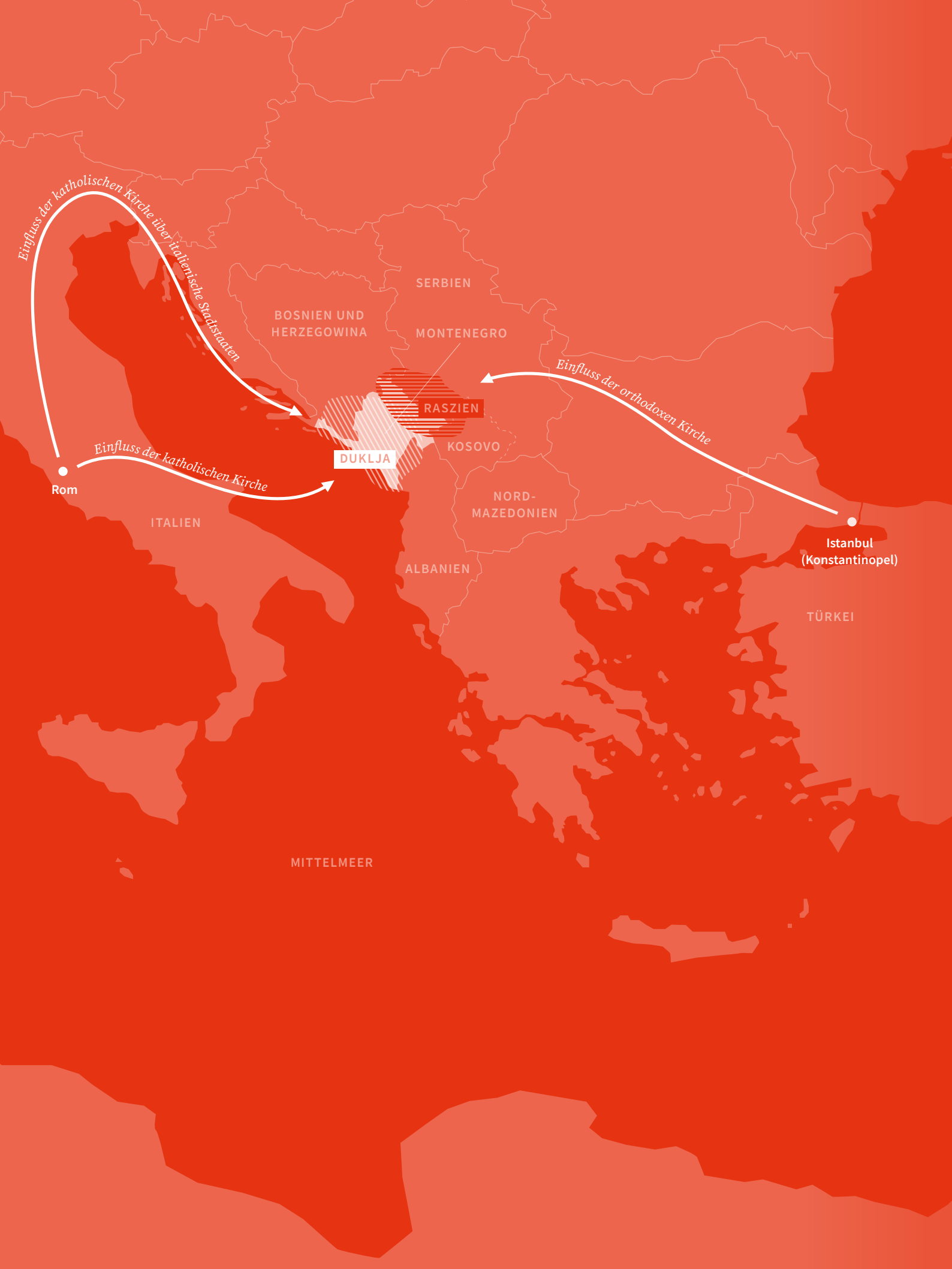
Farben vor dem Verblassen schützen

Bis ins 19. Jahrhundert wurden Farben wie Purpurrot, Safrangelb oder Azurblau aus Mineralien, Pflanzen und tierischen Zutaten hergestellt. „Einige dieser Farben verblassen sehr schnell, wenn sie bestimmten Lichtquellen ausgesetzt sind“, erklärt der Physik-Professor Christian Weickhardt von der HTWK Leipzig. Gemeinsam mit seiner Kollegin Dr. Beate Villmann untersucht er seit Jahren die Lichtschädigung von Farben. Dazu haben die beiden Forschenden für rund dreißig Farben, die vom Mittelalter bis in die Renaissance oft verwendet wurden, monatelang Probekarten mit verschiedenen Lichtspektren beleuchtet und regelmäßig hinsichtlich ihrer Farbveränderung vermessen. Aktuell wertet das Team eine Versuchsreihe zu verschiedenen Bindemitteln aus, denn früher wurden Farben oft mit Eiweiß, Gummi Arabicum oder Fischleim angerührt. „Wir vermuten, dass die Sauerstoffdurchlässigkeit des Bindemittels beeinflusst, wie schnell eine bestimmte Farbe verblasst“, so Weickhardt.

Ihre erhobenen Daten pflegen die Forschenden in eine frei verfügbare Software ein, die die Schädigung von Farben je nach verwendeten Pigmenten, Bindemitteln, Beleuchtungssituation und Umgebungsatmosphäre vorhersagt. Villmann: „Mit unserer Software können Bibliotheken und Museen abschätzen, wie lange sie welche Kunstwerke unter welchen Bedingungen ausstellen können, ohne dass es zu sichtbaren Schäden kommt.“ — rs



Probekarten werden monatelang im Optiklabor der HTWK Leipzig bestrahlt



Einfluss der katholischen Kirche über italienische Stadtstaaten

Einfluss der orthodoxen Kirche

Einfluss der katholischen Kirche

Rom

Istanbul
(Konstantinopel)

SERBIEN

BOSNIEN UND
HERZEGOWINA

MONTENEGRO

RASZIEN

KOSOVO

NORD-
MAZEDONIEN

ALBANIEN

ITALIEN

TÜRKEI

MITTELMEER

DUKLJA

Jenseits von Ost und West

Text: Katrin Haase

Zuarbeit: Prof. Johannes Tripps

Die historischen Regionen Duklja und Raszien auf dem Balkan sind bislang kaum erforscht. Dort zeugen zahlreiche Kirchen und Klöster vom Changieren zwischen den byzantinischen, römischen und serbisch-orthodoxen Kulturen. Ein interdisziplinäres Forschungsteam ergründet diese „Heiligen Landschaften“.

KULTURERBE ERFORSCHEN

← Die historischen Regionen Duklja und Raszien befinden sich im heutigen Albanien, Bosnien und Herzegowina, Kroatien, Montenegro und Serbien und waren ein Schmelztiegel der Kulturen

entstand die erste gesetzliche
Regelung des Kulturgutschutzes in
Deutschland – als Reaktion auf die
Plünderungen im Ersten Weltkrieg
in Deutschland und Europa

Mit Wanderschuhen, historischen Karten und Satellitenbildern gewappnet geht eine Forschungsgruppe in den Wäldern von Südost-Montenegro auf längst nicht mehr betretenen Pfaden. Sie sind auf der Suche nach Ruinen von Kirchen und Klöstern, die dort einst die Landschaft prägten. Auf ihren Wanderungen werden sie oftmals fündig: Überwucherte Straßen- und Mauerreste zeugen von ehemaligen Verkehrsverbindungen, Plätzen und religiösen Bauten.

Diese Spuren der Vergangenheit dokumentiert Johannes Tripps. Der HTWK-Professor für Kunstgeschichte der Materiellen Kultur ist gemeinsam mit einem zwölköpfigen interdisziplinären Team aus den Bereichen Byzantinistik, Mittelalterliche Geschichte, Historische Geographie, Geographie und Geokommunikation auf der Suche nach Belegen für die Forschungshypothese: Die beiden historischen

Regionen Duklja und Raszien, die Teil der römischen Provinz Illyrien waren, seien „Heilige Landschaften“. Das sei mit dem Dasein als Jahrtausende währende Pufferzone zwischen zwei Großmächten – dem Byzantinischen Reich und dem lateinischen Westen – zu erklären, die jeweils mit der Förderung ihrer Religion an Einfluss zu gewinnen versuchten. Das Resultat ist eine immense Anzahl religiöser Gebäude und eine bis heute währende Religionsvielfalt.

Im Gegensatz zu anderen Gegenden hoher religiöser Bedeutung wie dem Jordantal oder dem Berg Sinai sind diese Regionen auf dem Balkan bisher kaum erforscht. Das wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der HTWK Leipzig, der Österreichischen Akademie der Wissenschaften (ÖAW), der Universität Wien und der Universität Belgrad ändern: Sie sichten seit 2020 historische Schriften

und Karten, sammeln geografische Daten per Drohnenaufnahmen und Satellitenbildern und verstetigen die Kenntnisse auf Feldforschungsreisen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und der österreichische Wissenschaftsfonds (FWF) fördern das internationale Projekt bis Herbst 2023. „Die Zone stand bisher kaum im Mittelpunkt der Forschung, weder von der östlichen noch von der westlichen Seite. Wir wollen die Kirchen und Klöster vom 11. bis ins frühe 14. Jahrhundert genauer bestimmen und die herausragende Rolle dieser Gegend als Schmelztiegel der Religionen und als Pufferzone zwischen dem Byzantinischen Reich und dem lateinischen Westen hervorheben“, erläutert Tripps.



Die Abtei von Ratac an der Küste von Montenegro untersuchten die Forschenden genauer. Sie wurde im 9. Jahrhundert als Benediktinerabtei gegründet, erlebte eine Blütezeit im 14. Jahrhundert und wurde schließlich im 16. Jahrhundert von den Osmanen zerstört

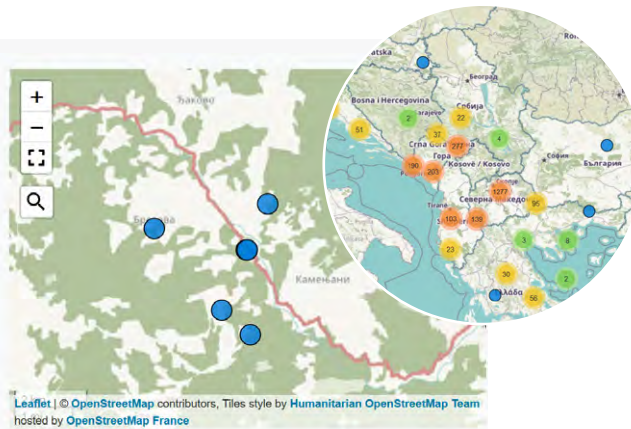
Studenica, Church of the Mother of God, altar trifora



Beginn	1190-01-01
Ende	1196-12-31
Typ	Relief
Case Study	Beyond East and West: Sacred Landscapes Duklja and Raška
Stylistic Classification	Romanesque

Beschreibung

The trifora of the altar apse of the Church of the Mother of God in the Studenica Monastery, is made of marble and dated around 1190. Rich plastic decoration is found in the lunette, window frame and window sill in the form of relief, as well as the console supports in the form of two almost free-standing figures/statues (actually made in high relief). The altar trifora of the Studenica Catholicon is characterized by stylistic similarities with monuments of Italian Romanesque sculpture.



Einblick in die Datenbank: Beim Klick auf die Punkte der Karte erscheinen Informationen und Bilder von religiösen Gebäuden. Hier zu sehen ist ein Fensterbogen des serbischen Klosters Studenica mit venezianischem Einfluss

Informationen im räumlichen Kontext

Ziel der Forschungen ist eine moderne wissenschaftliche Datenbank samt Online-Kartenapplikation mit geografischem Informationssystem (GIS). Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können ihre Forschungsdaten aus den schriftlichen Quellen, zu Denkmälern und Kunstgegenständen mittels GIS in einen räumlichen Kontext einbetten. „Da die untersuchten historischen Regionen bemerkenswerten Transformationsprozessen ausgesetzt waren, bietet dieses Forschungsprojekt großes Potenzial sowohl für Visualisierungen als auch für die Formalisierung durch

„Wir nutzen das Projekt, um Standards für eine moderne Erfassung, Verwaltung und Analyse wissenschaftlicher Daten zu definieren“

Dr. Mihailo Popović, Institut für Mittelalterforschung (ÖAW)

GIS-Daten“, erläutert Projektpartner Dr. Mihailo Popović, Dozent und Historischer Geograf vom Institut für Mittelalterforschung der ÖAW: „Wir nutzen das Projekt, um Standards für eine moderne Erfassung, Verwaltung und Analyse wissenschaftlicher Daten zu definieren.“ Die Forschenden erstellen eine digitale Oberfläche des Gebiets und setzen dort einzelne Punkte für die Stätten. Beim Klick auf die Punkte erscheinen Literaturangaben und Fotos zum Objekt und seiner erhaltenen Ausstattung. „Das ist unser Beitrag an die Wissenschaftscommunity, denn abschließend werden wir alles als Open-Source-Datenbank freischalten“, stellt Tripps für Ende 2023 in Aussicht.

Von Schatzkammern und Kronen

Die Forschenden suchen nicht nur nach alten Mauerresten und Wegen, sondern können auch zahlreiche intakte Kirchen und Klöster besuchen. Deren Ausstattung und Schatzkammern sind für Tripps als Kunstgeschichtler mit dem Schwerpunkt Materielle Kultur besonders interessant. Gemeinsam mit seiner Kollegin von der Universität Belgrad Assistenz-Professorin Branka Vranešević dokumentiert er die Bestände, während Moisés Hernández Cordero vom Österreichischen Archäologischen Institut der ÖAW mittels transportablem Scanner Maß nimmt.

1970

entstand das UNESCO-Übereinkommen zum Kulturgutschutz. In Deutschland wurde es 2007 ratifiziert und im Kulturgüterückgabegesetz umgesetzt

Dabei stößt Tripps im montenegrinischen Kloster des Heiligen Petar von Cetinje auf eine Krone aus der Dynastie der Nemanjiden, die seine Aufmerksamkeit weckt: Sie wurde bisher als die Krone von Stefan Uroš III. Dečanski bezeichnet. Er war von 1321 bis 1331 serbischer König und wurde von der orthodoxen Kirche heiliggesprochen. Bisher hatte die Forschung diese Krone in die 1320er Jahre datiert. „Das kam mir merkwürdig vor, denn die Schliffe der Edelsteine der Krone waren neuzeitlich. Genauere Recherchen und Vergleiche mit der russischen Goldschmiedekunst ergaben, dass die Krone in ihrem heutigen Aussehen nach 1834 entstanden sein muss. Ihre ältesten Bestandteile stammen aus dem 17. Jahrhundert – es kann sich also nicht um die Krone dieses serbischen Königs handeln. Höchstwahrscheinlich ist das Original bereits verschollen.“

Pufferzone und Schmelztiegel

Erkenntnisse wie diese sind Ergebnisse der intensiven Forschungsarbeit des internationalen Teams, das die Geschichte zweier Regionen aufarbeitet, die von zahlreichen Einflüssen geprägt sind. Beim Austausch zwischen West und Ost spielten die Adria und das Hinterland auf dem Balkan eine wichtige Rolle: hier gab es Berührungspunkte, vermischten sich Familiendynastien und Kunststile.

Einem Mythos auf der Spur: Diese Krone wurde bisher dem serbischen König Stefan Uroš III. Dečanski zugeordnet – doch einige Indizien sprechen dagegen



Kirchlich gehörte diese Region bis zum 8. Jahrhundert zunächst zur katholischen Einflussosphäre, doch die orthodoxe Kirche weitete ihren Einfluss ebenfalls in dieses Gebiet aus. Ab dem 7. Jahrhundert konnten sich schließlich stufenweise zwei serbische Fürstentümer namens Duklja und Raszien etablieren. Duklja lag an der Küste und war stärker dem westlichen Machtfeld ausgesetzt. Raszien, im Landesinneren weiter östlich gelegen, war in der Einflussosphäre von Konstantinopel. Diese beiden Fürstentümer wurden schließlich ab dem 12. Jahrhundert von der Dynastie der Nemanjiden politisch vereint.

Nebeneinander der Religionen

Für die Erforschung dieser Heiligen Landschaften sind die vielen sakralen Gebäude, die zwischen der Spätantike und dem Aufkommen des Osmanischen Reichs entstanden, zentral.

Die Spaltung Europas

Im Jahre 395 n. Chr. wurde das Römische Reich administrativ in eine westliche und eine östliche Hälfte geteilt. Es begann eine schleichende Spaltung Europas und die Bildung zweier kirchlicher Zentren mit Rom im Westen und Konstantinopel (heute Istanbul) im Osten. Mit der Zeit wurden die Differenzen zwischen dem Papst in Rom und dem Patriarchen von Konstantinopel größer. Als sie sich 1054 n. Chr. gegenseitig exkommunizierten, spaltete sich die christliche Kirche beim sogenannten Großen Schisma in die katholische und die orthodoxe Kirche.

Die Dynastie der Nemanjiden

Durch den Fürsten Stefan Nemanja gegründet, regierte das Herrscherhaus von 1167 bis 1371 das mittelalterliche Serbien. Unter ihm wurde Serbien zum Königreich und war militärisch, politisch und kulturell die dominierende Macht auf dem westlichen Balkan. Besonders nach Venedig pflegten die Nemanjiden unter anderem durch Heiratspolitik enge Verbindungen. Der venezianische Einfluss ist noch heute in liturgischen Gegenständen gut nachzuvollziehen. Stefan Nemanjas Sohn – der Heilige Sava – wurde der erste Erzbischof von Serbien und begründete damit 1219 die serbisch-orthodoxe Kirche.

1972

schlug Günter Grass in einem Brief an Bundeskanzler Willy Brandt eine nationale Stiftung zur Förderung von Kunst und Kultur vor. Die Kulturstiftung der Länder nahm 1988 ihre Arbeit auf



Das Kloster Morača im heutigen Montenegro wurde Mitte des 13. Jahrhunderts vom Enkel des ersten serbischen Nemanjidenherrschers Stefan Nemanja begründet. Die Lage des Klosters legt nahe, dass es ein Bindeglied zwischen der Küste und dem Hinterland in der historischen Region Duklja war. In der Kapelle des Heiligen Nikolaus sind Malereien erhalten, die das Leben des Heiligen detailliert darstellen

Aufschlussreich ist dabei, wer welche Gebäude stiftete und welcher Konfession sie einst und heute angehörten: römisch-katholisch, serbisch-orthodox oder muslimisch. „Je nach Herrscher und Diplomatie war mal die eine, mal die andere Religion federführend. Sollte eine Einflussmacht und damit ihre Religion an Einfluss gewinnen, förderte der jeweilige Herrscher diese mit dem Stiften neuer Kirchen und Klöster. Keiner der Herrscher zwang die Bevölkerung dabei, eine Religion anzunehmen. Es galt kein Entweder-oder, sondern ein Nebeneinander. So wurde diese Zone, die immer wieder zwischen Ost und West changierte, mit ihrer wachsenden Zahl sakraler Gebäude regelrecht zu einer Heiligen Landschaft“, erläutert Tripps.

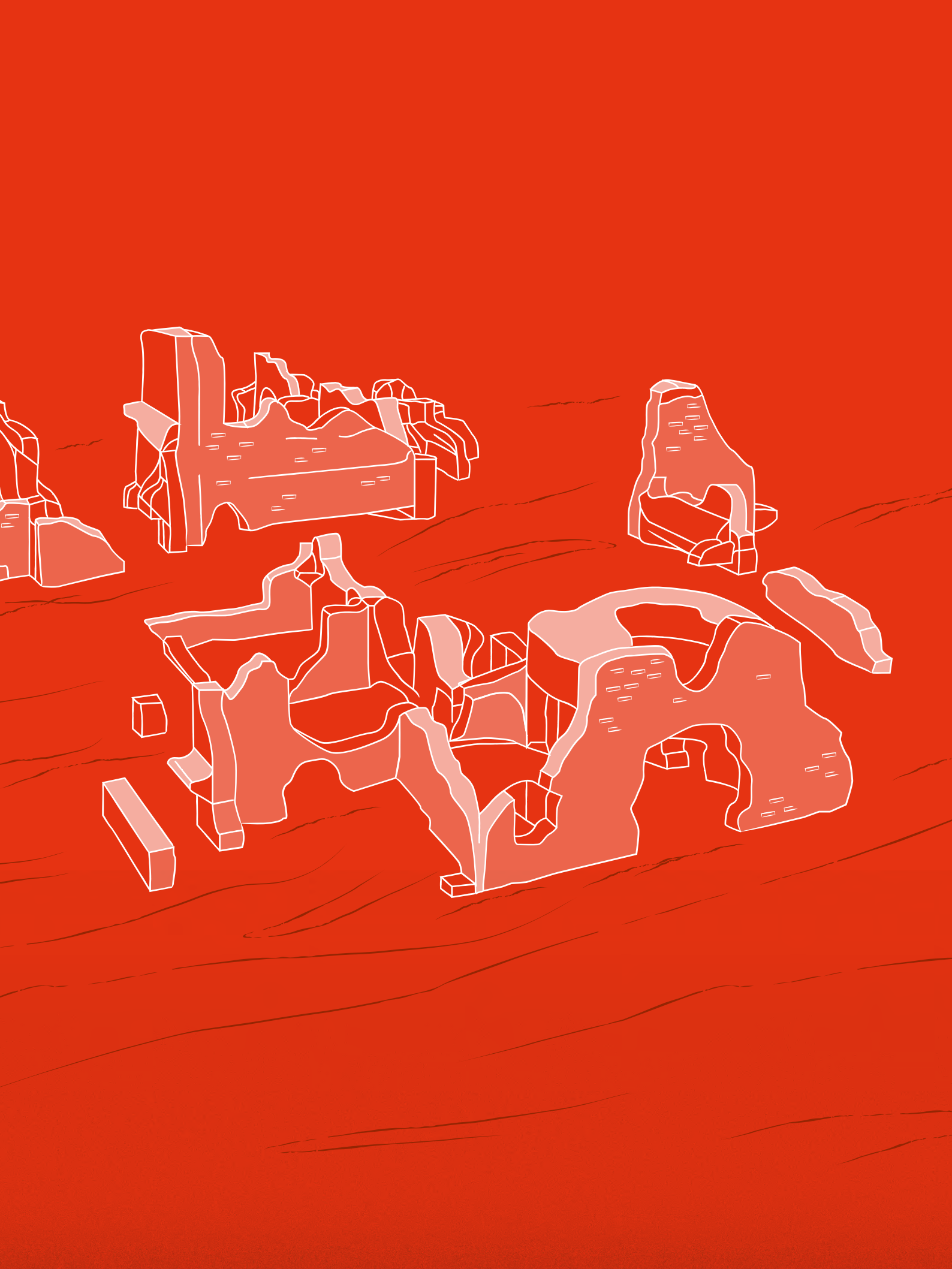
Mit dem Dasein als Jahrtausende währende Pufferzone zweier Großmächte und dem Entstehen eigener regionaler Identitäten ist zu erklären, warum

Serbien und Montenegro einen multireligiösen und damit multikulturellen Hintergrund haben. Auch wenn nunmehr ein Großteil der Bevölkerung serbisch-orthodoxen Glaubens ist, stehen katholische und serbisch-orthodoxe Kirchen sowie Moscheen dort bis heute wie selbstverständlich Seite an Seite. —

Prof. Dr. Johannes Tripps

(*1962) ist seit 2008 Professor für Kunstgeschichte der Materiellen Kultur an der Fakultät Informatik und Medien der HTWK Leipzig. Zuvor hatte er die Professur für europäische Kunstgeschichte an der Università degli Studi in Florenz inne. Der gebürtige Heilbronner begann seine wissenschaftliche Laufbahn an der Universität Heidelberg und publizierte in knapp 150 Aufsätzen und Monografien zu christlich geprägter bildender Kunst wie Altarmotive, Grabmäler oder Reliquien.





Geschichte digital vermessen

Text: Dr. Franziska Böhl

Digitale Modelle entwickeln sich im Gebäudeneubau zum Standard. Auch für die historische Bauforschung und die praktische Denkmalpflege bietet „Building Information Modeling“ Potenzial. Möglichkeiten und Grenzen der Technologie eruieren Forschende der HTWK Leipzig mit Partnern an einer kaiserzeitlichen Villa in Italien.

← Schematische Darstellung des 3D-Modells der Villa von Sette Bassi

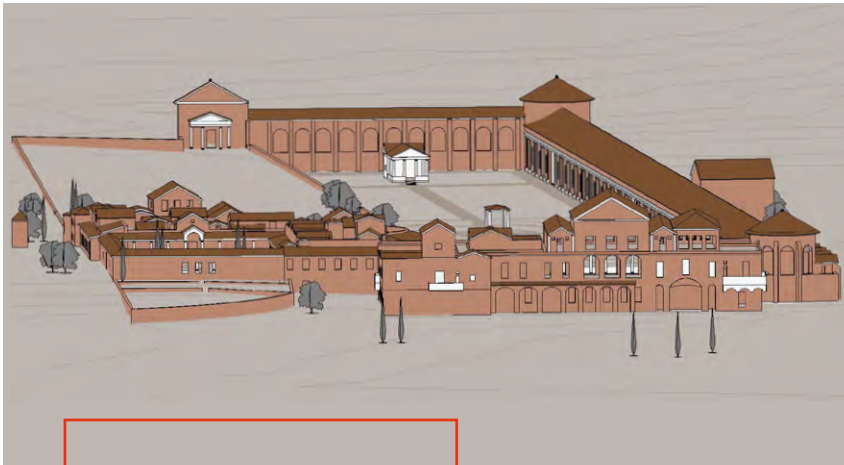
Die Römerinnen und Römer in der Antike lebten ziemlich modern: Manche ihrer Gebäude waren mit Wasserleitungen und Thermenanlagen sowie mit Fußboden- und Wandheizungen ausgestattet – und das vor rund 2.000 Jahren. Ein Beleg hierfür ist die einst prächtige Villa von Sette Bassi am Stadtrand von Rom. Sie wurde zu Zeiten von Kaiser Antonius Pius im zweiten Jahrhundert nach Christus erbaut. Heute ist von ihr nur eine Ruine übrig, doch Spuren ihrer wechselhaften Baugeschichte lassen sich in den Maurerresten finden: „Bauwerke sind oft das einzige Zeugnis ihrer Geschichte. Durch ihre Architektur und Baustile lassen sich Rückschlüsse über die Bau- und Lebenskultur jener Zeit treffen“, sagt Ulrich Weferling, Professor für Vermessungskunde an der Fakultät Bauwesen der HTWK Leipzig.

Gemeinsam mit seiner Mitarbeiterin Ilka Viehmann und den Projektpartnerinnen Prof. Thekla Schulz-Brize und Ina Seiler vom Fachgebiet Historische Bauforschung und Bau- und Denkmalpflege der Technischen Universität Berlin (TU Berlin) erforscht er seit April 2020 die antike Villenanlage. Im Projekt „Die Villa von Sette Bassi in Rom – Bauhistorische Neubearbeitung und Rekonstruktion“ untersucht das interdisziplinäre Team zudem, wie die Methoden der historischen Bauforschung und der praktischen Denkmalpflege durch die Digitalisierung mit Gebäudeinformationsmodellen weiterentwickelt werden können. Dabei konzentrieren sich die HTWK-Forschenden vor allem auf die digitalen Methoden.

Historische Gebäude modellieren

Mit Gebäudeinformationsmodellen, Building Information Modeling (BIM) genannt, wird im Neubau in vielen, meist größeren Projekten gearbeitet: Mit spezieller BIM-Software erstellen Planerinnen und Planer im ersten Schritt am Computer neue Gebäude. Aus einem dort hinterlegten Katalog wählen sie sowohl Einzelbauteile wie Wände und Fenster als auch Materialien wie Beton oder Aluminium. Nach und nach entstehen detaillierte dreidimensionale Modelle von Gebäuden, die im Anschluss gebaut werden können. Doch lassen sich diese Methoden auch auf bereits bestehende Bauwerke übertragen, um so beispielsweise Ruinen zu rekonstruieren?

Um bislang die bauhistorische Qualität von alten Häusern, Brücken oder sonstigen Gemäuern zu bewerten und zur Aufarbeitung ihrer Geschichte beizutragen, fertigen Planerinnen und Planer Zeichnungen, Bildpläne und 3D-Modelle von historischen Gebäuden an. Dazu verwenden sie unterschiedliche Vermessungsverfahren, darunter die Photogrammetrie, eine berührungslose Bildmessmethode, die aus vielen Einzelbildern ein passgenaues 3D-Modell zusammensetzt, oder die Tachymetrie, die topographische Geländeaufnahmen mit Richtungen, Distanzen und Höhenunterschieden von einem bestimmten Objektpunkt aufzeigt. So werden beispielsweise Bauteile, konstruktive Besonderheiten oder Hinweise zur Gestaltung und Materialbeschaffenheit von Fassaden erkennbar. All diese Informationen sind üblicherweise in Gebäudeplänen mit Ansichten, Grundrissen und Schnitten in zweidimensionaler Sicht abgebildet.



Die Villa von Sette Bassi

ist eine der größten suburbanen Villenanlagen aus der römischen Kaiserzeit. Sie befindet sich unweit der Via Appia südöstlich von Rom. Ihre Hauptgebäude sind zwischen 130 und 160 n. Chr. errichtet worden. Bis ins vierte Jahrhundert soll sie bewohnt gewesen sein. Wer die Villa erbaute, ist nicht bekannt.

Wie die einst prächtige Villa ausgesehen haben könnte, zeigt das Computermodell

Anpassung bisheriger BIM-Software

„Deutlich präziser und schneller wäre das Arbeiten mit einem räumlichen digitalen Informationsmodell“, sagt Architektin und Denkmalpflegerin Viehmann. Möglich wäre das, wenn BIM eingesetzt werden könnte, um Informationen über Bestandsgebäude zu verarbeiten. „In der historischen Bauforschung ist der Einsatz von Heritage Building Information Modeling (HBIM), also der Modellierung von Gebäudedaten von bestehenden Gebäuden, bislang kaum erforscht“, so Viehmann weiter.

Ein Problem im HBIM-Bereich ist, dass historische Gebäude häufig stark beschädigt und deshalb die Bauteile nicht immer eindeutig zuordenbar sind. „Wenn ein Gebäude zum Beispiel ein Loch in der Wand hat, könnte das eine Tür, ein Fenster oder einfach nur ein Loch gewesen sein“, so Viehmann. Manchmal gebe es Hinweise, beispielsweise durch Reste von Türbögen, andernfalls interpretiere sie Löcher als „Öffnung“, um keine falschen Informationen in der Software zu hinterlegen. Eine passende Lösung gibt es in bisherigen Gebäudeinformationsmodellen nicht. „Diese müssen deshalb für die historische Bauforschung und die praktische Denkmalpflege angepasst werden, insbesondere die vorhandenen Werkzeuge und

Luftaufnahmen einer Drohne
ergänzen das digitale Modell



HTWK-Mitarbeiterin Ilka Viehmann erstellt mit einem Laserscanner 3D-Aufnahmen



Materialien in den Modellierungssoftwares“, sagt Weferling. Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Projekt bietet dazu die Möglichkeit.

Forschungsreisen nach Rom

Im Sommer 2021 sowie im Frühjahr und Sommer 2022 reisten die Forschenden für je sechs Wochen für Bauaufnahmen nach Rom. Mit Unterstützung der weiteren Projektpartner – dem Deutschen Archäologischen Institut in Rom und dem Parco dell'Appia Antica, der das Parkgelände verwaltet –, vermaßen und dokumentierten sie den gesamten Komplex der Villenanlage und erschlossen diesen in seinen Bautechniken, Raumfunktionen und Nutzungsbereichen.

Auf einer Fläche von 36 Hektar – das entspricht 50 Fußballfeldern – erfassen sie während der drei Bauaufnahme-Kampagnen so einen Bestand von mehreren Gebäuden. Dazu gehören repräsentative Wohn- und Thermengebäude mit einem großen umbauten

Garten, dem sogenannten Hippodrom, einer Zisterne mit angeschlossenem Aquädukt und weiterer freistehender Häuser. Die Mauerreste ragen teilweise bis zu 15 Meter in die Höhe.

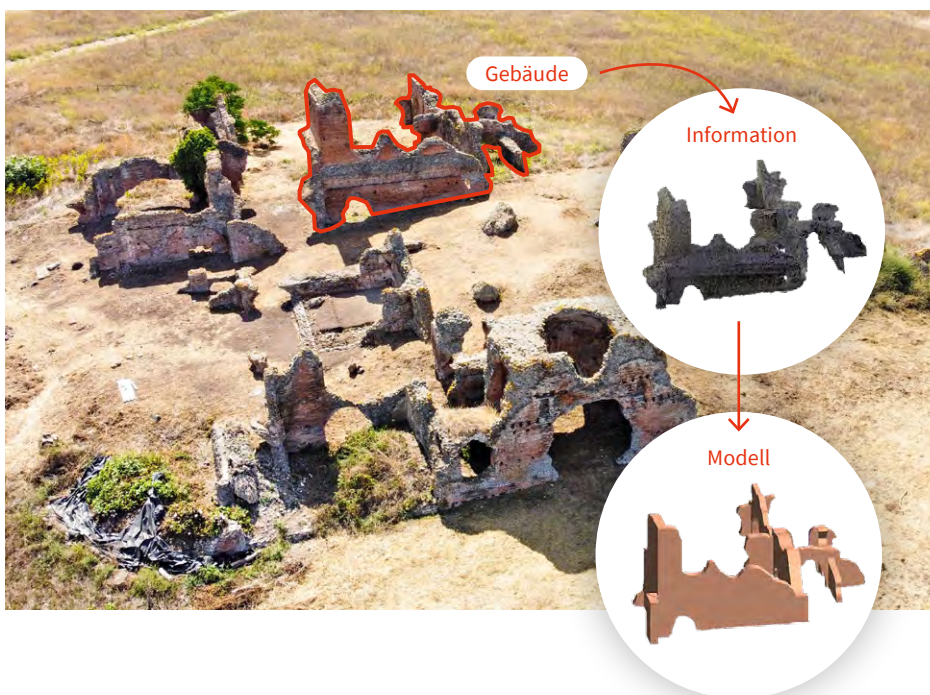
Für die Bauaufnahmen errichteten die Forschenden auf dem gesamten Gelände zunächst ein zentrales Vermessungsnetz. Danach verfolgten sie unterschiedliche Methoden: Die Leipziger nutzten zum einen Laserscanner und eine Drohne, um damit zuerst 3D-Punktwolken und anschließend aus den geometrischen Daten 3D-Modelle der Bauwerke im HBIM zu erzeugen. Zum anderen arbeiteten sie mit einer hochauflösenden

Digitalkamera, die gemeinsam mit den Drohnenaufnahmen das Basiswerkzeug für die Photogrammetrie darstellt. „Auf diese Weise entstanden in kurzer Zeit verzerrungsfreie, digitale Bildpläne“, so Viehmann. Auf Grundlage der photogrammetrischen Bildpläne fertigten die Berliner Kolleginnen ihre Zeichnungen von Hand an und ordneten in diesen Bauaufnahmezeichnungen alle Informationen zur historischen Bauweise zu.

Durch die parallele Lokalisierung der gewonnenen Kenntnisse in den Bauaufnahmezeichnungen und im HBIM konnten die Forschenden vergleichen, ob mit den digitalen Methoden und

„Informationen zu Materialien, Formen, Bautechniken, Gestaltung oder Funktion von Gebäuden können wir mit HBIM genau an jene Stellen platzieren, wo sie in der Realität anzutreffen sind“

Ilka Viehmann, HTWK Leipzig



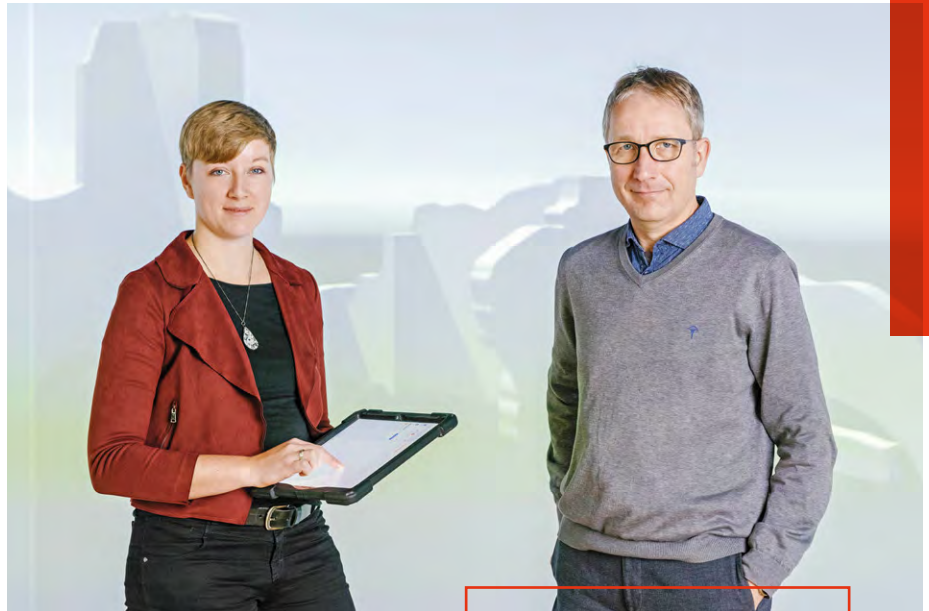
Der Weg vom realen Gebäude zum digitalen Informationsmodell

den BIM-Modellen dieselben Ergebnisse der Bauaufnahme erzielt werden. Dabei zeigte sich bei HBIM ein deutlicher Vorteil: „Informationen zu Materialien, Formen, Bautechniken, Gestaltung oder Funktion von Gebäuden können wir mit HBIM genau an jene Stellen platzieren, wo sie in der Realität anzutreffen sind“, sagt Viehmann. Die Elemente können mit entsprechenden Texten, Zeichnungen oder Fotos ergänzt werden. Das erleichtert das Arbeiten im Gegensatz zu zweidimensionalen Plänen, die nur eine Referenzierung der Informationen zum Bauwerk im Raumbuch in getrennt geführten Beschreibungen und Fotos ermöglichen.

Bis zum Projektende im Herbst 2024 sollen die Modelle und eine Rekonstruktion der Hauptgebäude fertiggestellt werden. Gemeinsam mit dem Deutschen Archäologischen Institut ist zudem ein abschließender Workshop in Rom zur Baugeschichte der Villa von Sette Bassi geplant.

Das Zwischenfazit

Die Ergebnisse ihrer bisherigen Forschung sind vielversprechend, findet HTWK-Professor Weferling: „BIM kann auf historische Gebäude angewendet werden, allerdings mit Einschränkungen hinsichtlich der Werkzeuge in der Software sowie der Archivierbarkeit.“ So müssen die Werkzeuge in der Software auf die historische Bauforschung angepasst werden, denn die Bauteile und die Materialien in den Bibliotheken sind auf den Neubau ausgelegt. Die Archivierbarkeit ist ein weiterer großer Mangel: Während zweidimensionale Pläne ausgedruckt und im Archiv eingelagert werden können, ist das



Ilka Viehmann und Prof. Ulrich Weferling
in der Cave vor der 360-Grad-Projektion

bei einem 3D-Modell, das an eine Software gebunden ist, nur bedingt möglich. An einer Lösung zur Archivierbarkeit digitaler Modelle wird bereits durch andere Institutionen geforscht.

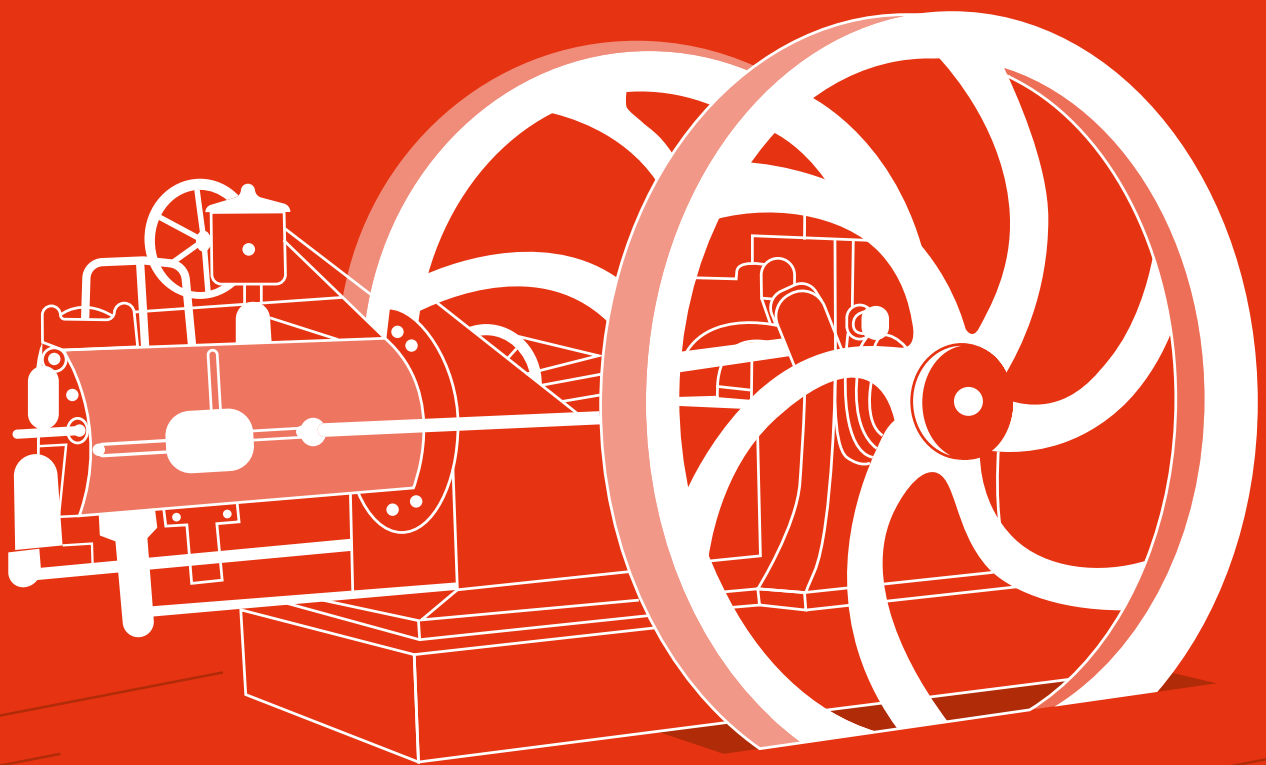
„Es lohnt sich, HBIM weiterzuverfolgen. Softwarefirmen erkennen bereits den steigenden Bedarf, sodass hier Entwicklungssprünge zu erwarten sind“, ist sich Viehmann sicher. Das wachsende Interesse an HBIM beobachtet sie auch auf Konferenzen und Tagungen, auf denen sie im Laufe des Projekts Zwischenergebnisse präsentiert. Anwenderinnen und Anwender könnten mit der Technologie beispielsweise ihre 2D-gezeichneten Baupläne ergänzen – und damit einen Schritt weit die klassische Bauforschung und praktische Denkmalpflege modernisieren. —

Ilka Viehmann

(*1991) ist seit 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin an der HTWK Leipzig und seit 2021 Doktorandin der Hochschule in Kooperation mit der Technischen Universität Darmstadt. Zuvor studierte sie Architektur in Kassel sowie Denkmalpflege in Halle und Dessau.

Prof. Ulrich Weferling

(*1968) ist seit 2003 Professor für Vermessungskunde an der HTWK Leipzig. Seit 1996 befasst er sich in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten unter anderem mit der Anwendung moderner Vermessungsverfahren in der Bauaufnahme und überträgt diese auf die besonderen Anforderungen bei der Bauaufnahme von historischen Bauwerken.



Konsum-Spektakel für Millionen

Text: Dr. Enrico Ruge

Die Sächsisch-Thüringische Industrie- und Gewerbeausstellung zog 1897 im Herzen Leipzigs ein Millionenpublikum in ihren Bann. Wirtschaftlich war das Großevent ein Verlust. Doch aus heutiger Perspektive ist es Sinnbild für den gesellschaftlichen Wandel, der Leipzig und die Welt im 19. Jahrhundert erfasste.

← Neueste Erfindungen wie diesen Gasmotor stellten Fabrikanten 1897 auf der Sächsisch-Thüringischen Industrie- und Gewerbeausstellung (STIGA) vor

Museen vermitteln in Deutschland
Kulturerbe. Sie zogen im Jahr 2020
41,5 Millionen Besucherinnen und
Besucher an – pandemiebedingt ein
Rückgang um 63 Prozent

Die größte innenstadtnahe Parkanlage Leipzigs ist kein Landschaftsgarten oder Schlosspark – und das sieht man auch. Eine breite Allee durchzieht den Clara-Zetkin-Park, links und rechts gehen Rundwege ab, führen zu kleinen Pavillons oder eingefassten Teichen. Vor 125 Jahren befand sich hier das Ausstellungsgelände für ein Wirtschafts- und Volksfest mit Millionenpublikum: Die Sächsisch-Thüringische Industrie- und Gewerbeausstellung (STIGA). Zu ihr heißt es in den Ratsakten der Stadt Leipzig: „Und wäre kein anderer Nutzen von der Ausstellung zu erwarten als diese herrliche Morgengabe ihres Parkes, die sie der Stadt darbringt, wahrlich es wäre schon groß und bedeutend genug.“

Mit den Ausmaßen und der Infrastruktur einer Kleinstadt setzt die STIGA ein Zeichen in einer vom jähen Wandel gekennzeichneten Zeit. Die Stadt Leipzig befand sich damals, als viertgrößte deutsche Stadt, im Umbruch von der Handels- zur Industriestadt und dehnte sich verstärkt auf umliegende Gemeinden aus, die Bevölkerungszahl stieg sprunghaft an, die Leipziger Messe wandelte sich von einer Waren- zu einer Mustermesse.

Das war die STIGA

Im Jahr des vierhundertjährigen Jubiläums der Leipziger Messe wird 1897 mit der STIGA die Werbetrommel geschlagen für die mitteldeutsche Region mit Leipzig als Zentrum und für die neue Form der Mustermesse. Dafür werden zuerst die vorgesehenen Wiesen zwischen Scheibenhof und Johannapark trockengelegt und an die städtische Infrastruktur sowie an die



Die lithografische Ansichtspostkarte ermöglicht den Blick auf das Ausstellungsgelände

Eisen- und elektrische Straßenbahn angebunden. Reichstagserbauer Paul Wallot, Gabriel von Seidl und Hugo Licht wählen als Juroren mehrere Leipziger Architekten für die Bebauung aus. Sie errichten neun Ausstellungshallen sowie mehrere Themenbereiche. In vielem orientieren sie sich an der großen Berliner Gewerbeausstellung des Vorjahres und an den Weltausstellungen früherer Jahre. Zum Ausstellungsbetrieb gehören Verwaltungsbauten, Feuer-, Polizei- und Sanitätswachen sowie die Poststation. Wie auf der Weltausstellung in Chicago 1893 strahlt das Gelände samt einer 40 Meter hohen Ausstellungsfontäne

abends im Schein tausender farbiger Glühbirnen. Der Strom dafür wird in einer „elektrischen Kraftzentrale“ produziert, die den Dampf ausgestellter Dampfmaschinen nutzt. Gastronomische Angebote auf dem gesamten Gelände summieren sich auf rund 10.000 Sitzplätze.

Aufwendige Rekonstruktionen zeigten ein Altleipziger Messviertel, die Wartburg oder ein Tiroler Schloss. Für ein Thüringer Dorf wurden Gebäude aus Thüringen umgesetzt und sogar eine Kirche nebst Friedhof errichtet. Ganz in der Nähe steht ein weiteres architektonisches Highlight: Vor der

7

Einträge in der Liste des immateriellen Kulturerbes der UNESCO verzeichnet Deutschland. Dazu gehören die Genossenschaftsidee und -praxis, der Orgelbau und die Orgelmusik sowie der Moderne Tanz – allesamt auch in Sachsen verwurzelt

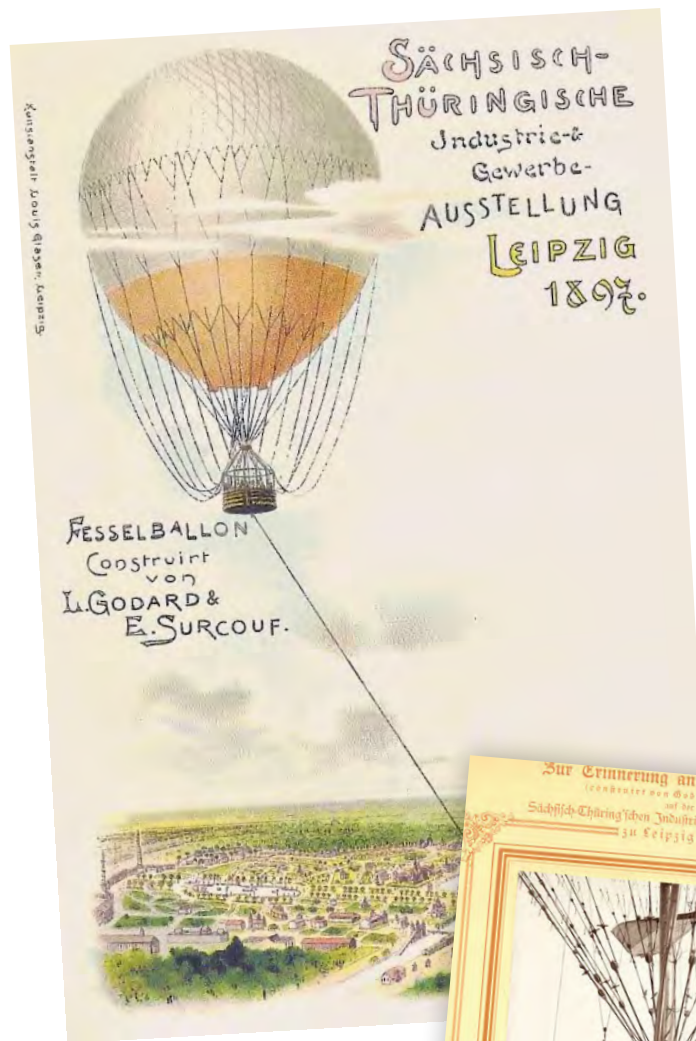
Industriehalle wird die Turmhaube der gerade im Bau befindlichen Reformierten Kirche zu Leipzig präsentiert. Sie erzielt drei Jahre später auf der Weltausstellung in Paris 1900 einen Ersten Preis. Ein großer Anziehungspunkt im Unterhaltungsviertel ist der Fesselballon des französischen Ballonpioniers Louis Godard, der den Aufenthalt in der Messestadt auch für neue Weltrekorde nutzt.

Eine nach dem Vorbild der Berliner Ausstellung von privaten Organisatoren initiierte Kolonialausstellung mit sogenannter Völkerschau offenbart rassistische Stereotype, koloniale Interessen sowie den nationalistischen Geist des Wilhelminischen Zeitalters und damit die problematischen Facetten der STIGA. Legitimation und Repräsentation bestehender Herrschaftsverhältnisse sind Grundmotive vieler Ausstellungen. Auf dem Gelände verteilte Herrscherstatuen, Symbole und inszenierte Festakte wie die Eröffnungszeremonie mit dem Schirmherren König Albert von Sachsen unterstreichen dies. Ein anderer Kritikpunkt wird schon von Zeitgenossen wie Georg Simmel oder Walter Benjamin diskutiert: die subtile Erziehung zum Konsumismus.

In der damaligen breiten Öffentlichkeit wird allerdings zuvorderst der Beitrag solcher Ausstellungen zu technischer und ästhetischer Bildung unterstrichen. So finden anlässlich der STIGA zahlreiche Tagungen und Kongresse statt und in den Ausstellungshallen begleiten Ingenieure sachkundig die Vorstellung von Produktionsprozessen. Auch die kommunalen und landesstaatlichen Bildungseinrichtungen sind mit umfangreichen Ausstellungen vertreten. Darunter finden sich mit der „Königlich Sächsischen

Baugewerkenschule zu Leipzig“ und der „Königlichen Kunstakademie und Kunstgewerbeschule zu Leipzig“ auch zwei Vorgängereinrichtungen der HTWK Leipzig.

Zu den technischen Innovationen, die dem Publikum nahegebracht werden, gehören Anwendungen für Gas oder Elektrizität. In einem Pavillon des Würzburger Professors Wilhelm Conrad Röntgen können sich Ausstellungsgäste für einige Groschen die Hände durchleuchten lassen. Der



Der Fesselballon: einer der Höhepunkte der STIGA. Eine Auffahrt mit Blick auf das Ausstellungsgelände einschließlich der abgebildeten Erinnerungsfotografie waren für fünf Mark zu haben – das entspräche heute knapp 40 Euro



elektrisch betriebene Fahrstuhl zur Aussichtsplattform der „Wartburg“ ist seit seiner ersten Präsentation durch Elisha Otis auf der New Yorker Weltausstellung 1854 keine wirkliche Neuheit mehr. Origineller sind da Grammophone, Kinematographen oder die neuartige Rotationsdruckpresse von König & Bauer, auf der die tägliche Ausstellungszeitung in zehntausend Exemplaren gedruckt wird. Überhaupt ist das Druck-, Buch- und Pressewesen stark präsentiert. Noch stärker sind allerdings das besonders in Leipzig und Chemnitz beheimatete Maschinen- und Transportwesen und die Textilbranche vertreten. Von den 3.027 Ausstellern kommen 1.416 Firmen aus Leipzig. Neunzig Prozent der Leipziger Firmen jener Zeit haben bis zu zehn Angestellte und so sind es zumeist klein- und mittelständische Unternehmen, denen durch die Form einer Kollektivausstellung die Teilnahme möglich ist. Viele von ihnen werden mit einer der begehrten und an fast die Hälfte der Unternehmen vergebenen Ausstellungsauszeichnungen belohnt. Als Insignien

von Produktqualität und Glaubwürdigkeit finden sie sich zum Teil bis heute auf Produktverpackungen. Achten Sie beim nächsten Radeberger Biergenuss mal auf das Etikett.

Ein „Jahrhundert der Ausstellungen“

Der Schriftsteller Ernest Renan verglich die Ausstellungen einst mit den Olympischen Spielen. Tatsächlich schienen sich im 19. Jahrhundert Städte, Regionen und Staaten mit

immer sensationelleren und kostspieligeren Ausstellungen gegenseitig überbieten zu wollen. Zuerst waren sie jedoch ein reines Mittel der Gewerbeförderung, auf das auch der sächsische Staat ab 1824 neben der Förderung von Gewerbeschulen und „Vorbildersammlungen“ zurückgriff. Bis zur Mitte des Jahrhunderts blieb der Erfolg der Veranstaltungen im Hinblick auf Produktvielfalt, Aussteller- und Gästezahlen recht bescheiden – das galt selbst für die dritte deutsche Industrie- und Gewerbeausstellung 1850 in Leipzig.

Der Schriftsteller Ernest Renan verglich die Ausstellungen einst mit den Olympischen Spielen. Tatsächlich schienen sich im 19. Jahrhundert Städte, Regionen und Staaten mit immer sensationelleren und kostspieligeren Ausstellungen gegenseitig überbieten zu wollen

↓ Ausstellende präsentierten die neuesten Technologien ihrer Zeit. So stellte diese Görlitzer Maschinenfabrik ihre Dampfmaschine vor, dokumentiert im Ausstellungskatalog der STIGA



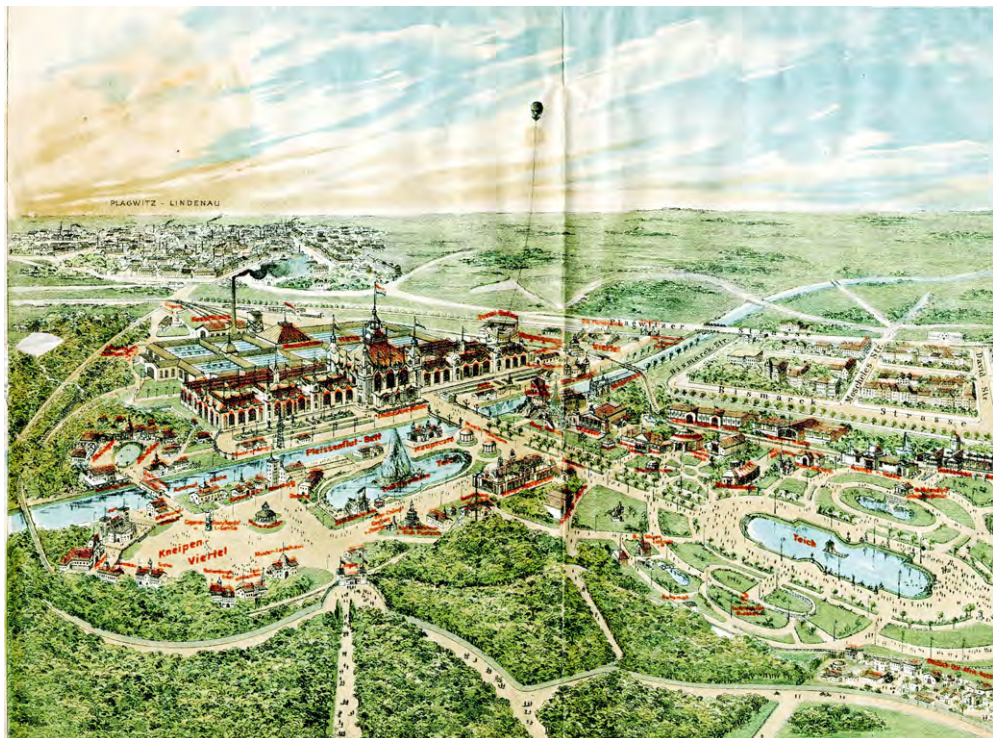
An Sonntagen drängten sich zehntausende Gäste auf dem Ausstellungsgelände. Spitzenreiter war der 25. Juli 1897 mit 76.172 Tageskarten

Erst als infolge der ersten Londoner Weltausstellung 1851 das „Ausstellungsfieber“ grassierte und engagierte Wirtschaftsbürger – zu denen neben Kaufleuten, Handwerkern und Fabrikanten auch Forschende oder Lehrende gehörten – mittels ihrer „Gewerbevereine“ die Veranstaltungen organisierten, nahm die Sache Fahrt auf. Unter Einbindung staatlicher und kommunaler Interessen trugen die entstehenden Handels- und Gewerbekammern aktiv dazu bei, dass aus provinziellen Leistungsschauen nun massentouristische Volksfeste und Kommunikationsplattformen wurden. Massenpresse und Massentourismus, bessere Verkehrsmittel und -verbindungen ließen gemeinsam mit ausgefeilten Marketingstrategien das 19. Jahrhundert tatsächlich zu einem „Jahrhundert der Ausstellungen“ werden. Zu den unzähligen Printprodukten der Veranstaltungen gehörten beispielsweise die offiziellen Ansichtspostkarten, von denen allein auf der STIGA 2,5 Millionen Stück verkauft wurden.

Um die Jahrhundertwende erfolgte eine Abkehr von den großen branchenübergreifenden Universalausstellungen, die – wie die STIGA mit einem Minus von 660.685 Reichsmark – zu meist mit Defiziten endeten. Die tiefgehende Spezialisierung und Professionalisierung aller Fertigungsbereiche sowie die Entstehung von Fachverbänden und ähnlichen Interessenvertretungen führten zum Aufkommen von Fachausstellungen, die sich einem Thema oder einer Branche widmeten. In Leipzig knüpfte die „Internationale Baufach-Ausstellung Leipzig 1913. Weltausstellung für Bauen und Wohnen“ auf einem Gelände zu Füßen des im gleichen Jahr eingeweihten Völkerschlachtdenkmals an die STIGA an.



Diese Postkarte zeigt den Blick auf die Haupthalle für Industrie und Maschinen und den Schirmherren König Albert von Sachsen



Auf dieser Papiertüte von der Ausstellung ist das STIGA-Gelände im heutigen Clara-Zetkin-Park zu sehen



„Herrliche Morgengabe“: Der Leipziger Clara-Zetkin-Park ist ein beliebtes Ausflugsziel und geht auf die STIGA zurück

Ein Stadtpark und ein Messegelände

Innerhalb von kaum zwei Jahrzehnten wurden durch Ausstellungen zwei ehemals brachliegende Flächen mit jeweils rund 40 Hektar für die Stadt erschlossen. Zum Vergleich: Der Leipziger Innenstadtkern umfasst rund 70 Hektar. Beide Areale, der heutige Clara-Zetkin-Park und das Gelände der Alten Messe, tragen die gestalterische Genetik der Weltausstellungen in sich, die mit Kuppelbauten glänzten und sich von französischer und englischer Landschaftsparkgestaltung inspirieren ließen. Was für Paris der Champ de Mars, für London der Hyde Park oder für Wien der Prater ist, ist für Leipzig der Clara-Zetkin-Park. Das zugehörige Palmgartenareal entstand übrigens anlässlich der Internationalen Gartenbauausstellung 1893. Die Parkerrichtung reiht sich in die Entstehungszeit vieler Stadt- und Volksparks im Zuge von Hochindustrialisierung und Städtewachstum in Deutschland ein. Sie dienten wachsenden Schichten der arbeitenden und angestellten Stadtbevölkerung zur Regeneration

und waren damit auch ein Instrument sozialer Regulierung. 1898 wurde das Gelände nach behutsamer Umgestaltung als König-Albert-Park übergeben und wurde 1955 als Zentraler Kulturpark Clara Zetkin Vorbild für ähnliche Anlagen in der DDR. Heute ist der „Clarapark“ mit Freilichtbühne, Biergarten, Spielplätzen und der im Sommer stark belebten Sachsenbrücke ein wichtiges Naherholungsziel für Groß und Klein in Leipzig. —

Dr. Enrico Ruge

(*1971) schrieb 1999 seine Diplomarbeit zur STIGA 1897 im HTWK-Studiengang Museologie. 1999 bis 2007 studierte er Kunstgeschichte und Kulturwissenschaften an der Universität Leipzig und promovierte dort bis 2007 kooperativ über Industrie- und Gewerbeausstellungen in Sachsen. Von 2011 bis 2015 kuratierte Ruge das Genossenschaftsmuseum in Delitzsch und koordinierte dessen Bewerbung für das immaterielle Kulturerbe der UNESCO. Ruge forscht und publiziert zur Industriekultur und zur modernen Konsumgesellschaft und arbeitet seit 2015 an der HTWK Leipzig.

Dr. Enrico Ruge an der neu entstandenen STIGA-Steile im Clara-Zetkin-Park





Das 125. Jubiläum der STIGA feierte die Stadt Leipzig mit einem Themenjahr. Die HTWK Leipzig war dabei ein zentraler Projektpartner

125 Jahre STIGA

Im Rahmen des Themenjahres „Leipzig – Freiraum für Bildung“ haben sich 2022 zahlreiche Leipziger Museen, Archive und Projekte mit der STIGA beschäftigt. Die HTWK Leipzig und ihr Forschungs- und Transferzentrum verwirklichten dabei umfangreiche Projekte, deren Fäden bei Dr. Enrico Ruge und Projektmitarbeiterin Anne Roßburger an der Fakultät Informatik und Medien zusammenliefen: Neben der Wanderausstellung „STIGA 1897: Waren – Wettstreit – Wunderwelt“ des Studiengangs Museologie und dem Videoprojekt „STIGA – Mit Sternburg durch die Zeit“ des Studiengangs Medientechnik wurde gemeinsam mit der Stadt Leipzig ein Begleitbuch veröffentlicht sowie die Website www.stiga-leipzig.de und die Tagung „STIGA 1897 – Schaufenster zur Welt“ verantwortet. Ruge gestaltete im Auftrag der Stadt Leipzig eine Erinnerungs-Steile für den Clara-Zetkin-Park und beriet im Vorfeld des Projektjahres die Koordinierungsstelle Sächsische Industriekultur sowie die Leipziger Kulturbürgermeisterin Dr. Skadi Jennicke.



QR-Code scannen
und STIGA-Website
besuchen



Dr. Enrico Ruge und Anne Roßburger besuchen die STIGA-360-Grad-Projektion im Leipziger Kunstkraftwerk

Forschungs- perspektiven

Nachwuchsforschende der HTWK Leipzig teilten im vom Graduiertenzentrum ausgerichteten Fotowettbewerb „Forschungsperspektiven“ ihren besonderen Blick auf den Wissenschafts- oder Promotionsalltag. Wir zeigen die drei prämierten Bilder.

SCHLAGLICHTER



Der erste Preis des Fotowettbewerbs ging an den Ingenieur der Energie-, Gebäude- und Umwelttechnik Robin Pischko. Der Doktorand überprüft die Eigenschaften von modernen Hochleistungskunststoffen für den Transport von Wasserstoff. Mit einer Permeationsmesszelle misst er die Durchlässigkeit des Gases in einer Rohrleitung. So kann er herausfinden, welche bestehenden Erdgasleitungen und neue Rohrleitungsmaterialien auch für den Transport von Wasserstoff geeignet sind. Gemeinsam mit seinen Kolleginnen und Kollegen fand er heraus, dass bereits verbaute Kunststoffrohre sowie weitere verfügbare Materialien Wasserstoff sehr gut transportieren können. — sh/kh



Der Architekt Felix Schmidt-Kleespies zeigt im Bild in einer Werkhalle eine Holzkonstruktion, auf der sich ein Hologramm abzeichnet – gesehen durch eine AR-Brille. AR steht für Augmented Reality: Die reale Welt wird dabei durch digitale Elemente erweitert. Im Bauwesen und in der Architektur kann Augmented Reality komplexe Fertigungsinformationen für einzelne Bauteile darstellen. — sh/kh



Bei diesem Experiment überprüft Bauingenieur Lars Hoffmann die Tragfähigkeit einer Deckenkonstruktion aus Holz und Beton, die mit Hanffasern und Kunststoff verstärkt ist. Decken, die aus nachwachsenden Rohstoffen und weniger Beton bestehen, können zu einer nachhaltigeren Bauweise beitragen. Damit diese ökologisch verbesserte Alternative tatsächlich in die Anwendung kommt, zeigen Belastungsversuche vorab, was die Decke tragen kann. — sh/kh

Dr. Alexandra Hodes



Papier ist ein faszinierendes und vielseitiges Material: Je nach Verwendungszweck ist es steif oder flexibel, weiß oder farbig, glänzend oder matt. Optimalerweise lässt es sich gut bedrucken und verarbeiten, umweltfreundlich produzieren und recyceln. Für das Material und seine Eigenschaften begeistert sich Dr. Alexandra Hodes bereits seit ihrer Kindheit im niedersächsischen Lohne. Das Hobby, dekorative Laternen und Bascetta-Sterne aus Papier zu basteln, hat sie sich bis heute beibehalten. „Die Ausbildung zur Flexodruckerin war ein guter Einstieg in die Druckbranche“, beschreibt die heute 49-Jährige ihren Werdegang. Mit der dadurch erworbenen Fachhochschulreife begann sie ein Drucktechnik-Studium an der HTWK Leipzig. Die Faszination hielt auch nach dem von Physik und Chemie geprägten Studium an: Sie untersuchte in einer kooperativen Promotion mit der HTWK Leipzig und der Technischen Universität Dresden verschiedene Analysemethoden zur Charakterisierung des Penetrationsverhaltens von Papier. Nach einem Vortrag sprach ein Mitarbeiter des Verpackungs- und Papierherstellers Mondi die frisch promovierte Ingenieurin an und überzeugte sie, für eine Anstellung von Leipzig in eine Kleinstadt in Niederösterreich zu ziehen. Dort ist sie seit 2020 für ein gutes Zusammenspiel von unterschiedlichen Papiersorten und Druckfarben verantwortlich und fungiert als Bindeglied zwischen Produktion, Entwicklung und Vertrieb. Die Freizeit verbringt sie oft im Alpenvorland gemeinsam mit ihrer Tochter und dem eigenen Pferd. — kh

Viele Wege führen zu einer Promotion an der HTWK Leipzig – und auch danach geht es vielfältig weiter, wie die Portraits dieser vier Promovierten zeigen.

Dr. Stephanie Franck



Auf Baustellen war Dr. Stephanie Franck schon in ihrer Kindheit unterwegs: Der Vater hatte sein eigenes Ingenieurbüro direkt am Wohnhaus nahe Wittenberg. Mit der Idee, den Familienbetrieb einmal zu übernehmen, studierte sie nach dem Abitur Bauingenieurwesen an der HTWK Leipzig. Sie fiel als besonders strebsam auf: „Ich schrieb einmal eine verärgerte E-Mail, weil eine Vorlesung ausfiel“, erinnert sie sich lachend. Während und nach dem Studium war sie Mitarbeiterin in einer Forschungsgruppe zur Dauerhaftigkeit von Beton und untersuchte, wie und warum im Beton Risse entstehen. Als Teil der ersten HTWK-Nachwuchsforschungsgruppe „Resus“ analysierte sie die Tragsicherheit von Eisenbahnbrücken mittels Finite-Elemente-Simulationen und schrieb dazu ihre Doktorarbeit an der HTWK Leipzig und der Leibniz Universität Hannover. Während dieser Zeit ließen die Aufträge im Ingenieurbüro des Vaters nach und Franck begann, sich anderweitig umzuschauen. Sie entschied sich für eine Karriere beim TÜV Nord als Sachverständige für Tragstrukturen von Windenergieanlagen. Mittlerweile ist sie stellvertretende Gruppenleiterin eines zwanzigköpfigen Teams und lebt in Hannover. Als Ausgleich dient ihr der Sport: Fünfmal im Jahr startet sie bei Triathlon-Wettkämpfen; diesen Sommer erstmals auf einer olympischen Distanz. Als leidenschaftliche Basketballerin trainierte sie zudem ehrenamtlich eine Jugendmannschaft. — kh

Dr. Carolin Helbig



Die Medieninformatikerin Dr. Carolin Helbig macht aus Zahlenkolonnen farbige Kurven, Punkte oder Felder: Sie visualisiert Daten. So sind Informationen verständlicher und in einem sinnvollen Zusammenhang erfassbar. Mit Informatik beschäftigte sich die heute 38-Jährige bereits im Abitur-Leistungskurs in Sonneberg und studierte das Fach anschließend an der HTWK Leipzig. Nach dem Master arbeitete sie in einer IT-Firma und programmierte Websites. „Das erfüllte mich nicht. Lieber wollte ich den Dingen selbst auf den Grund gehen“, erinnert sich Helbig an die Entscheidung zur Promotion. Am Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), an der HTWK Leipzig und an der Technischen Universität Dresden erforschte sie ab 2011 drei Jahre lang, wie man Umweltdaten für die Meteorologie visualisiert. Seitdem ist sie dem UFZ treu geblieben und arbeitet dort aktuell am Projekt Umwelt-Tracker. Leipzigerinnen und Leipziger tragen dabei während ihrer täglichen Wege zu Fuß oder per Rad einen mobilen Sensor, der Umweltstressoren wie Lautstärke, Temperatur, Feinstaubpartikel und Gase misst. Diese Daten wertet die Forscherin derzeit aus und visualisiert sie auf einem digitalen 3D-Stadtplan. So soll sichtbar werden, wo Umwelt und Mensch besonders belastet sind. Auch privat setzt sich Helbig gemeinsam mit ihrem Mann und den beiden Kindern für einen besseren Umgang mit der Umwelt ein: Sie engagiert sich für Pop-up-Radwege und autofreie Kita- und Schulwege und ernährt sich vegan. — kh

Dr. Hans-Martin Dörfler



Der Urleipziger Dr. Hans-Martin Dörfler ist fest verwurzelt: Nach Abitur, Studium und Promotion in Leipzig ist er nun im Amt für Wirtschaftsförderung der Stadt tätig. Fünfzehn Jahre verbrachte er an der HTWK Leipzig: Nach dem Maschinenbau-Studium war der Ingenieur als wissenschaftlicher Mitarbeiter an verschiedenen Forschungsprojekten beteiligt. Unter anderem verbesserte er in einem Kooperationsprojekt mit der Klinik für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie der Universität Leipzig Implantate zur Behandlung von Frakturen der Augenhöhle. Sind die Knochen beispielsweise infolge eines Unfalls gebrochen, werden sie durch ein Titan-gitter-Implantat rekonstruiert. Doch die Implantate passten oftmals nicht gut. Dörfler erarbeitete in seiner Promotion ein Modell und ein darauf basierendes Werkzeug aus dem 3D-Drucker für eine bessere Passform und verteidigte seine Doktorarbeit 2019. Während der Corona-Pandemie entwickelte er im Auftrag der Stadt gemeinsam mit einem interdisziplinären Team ein Notfallbeatmungsgerät. Danach wechselte der heute 40-Jährige von der Wissenschaft in die Verwaltung: Er ist nun Teamleiter für Schlüsselindustrien und Transfer beim Amt für Wirtschaftsförderung. Mit dem Ziel, die Leipziger Wirtschaft zu stärken, fördert er Netzwerke und ist Bindeglied zwischen den Unternehmen, der Wissenschaft, der Kommune und dem Stadtrat. Nach der Arbeit genießt Dörfler die Zeit mit seiner Familie, schraubt an seinem Oldtimer oder taucht im Kulkwitzer See. — kh



Weitere fünf Jahre hoch fünf

Text: Dr. Rebecca Schweier und Dr. Franziska Böhl

Gemeinsam stärken die fünf Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Dresden, Leipzig, Mittweida, Zittau/Görlitz und Zwickau im Transferverbund Saxony⁵ den Wissens- und Technologietransfer in ihrer Region. Seit 2018 und noch bis Ende 2027 werden sie dafür im Bund-Länder-Programm „Innovative Hochschule“ gefördert.

Während Sie dieses Forschungsmagazin lesen, werden Sie Teil des Projekts Saxony⁵. Auf den vorherigen Seiten haben Sie erfahren, wie Farben vor dem Verblässen geschützt werden können oder wie digitale Gebäudemodelle die Rekonstruktion antiker Villen ermöglichen. Auch wenn Sie vermutlich nicht an der HTWK Leipzig studieren, haben Sie dadurch Wissen aus der Hochschule aufgenommen. Derartigen Transfer von Wissen und von Technologien an Personen außerhalb der akademischen Welt systematisch auszubauen, das ist erklärtes Ziel von Saxony⁵, einem Verbundprojekt der sächsischen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Dresden, Leipzig, Mittweida, Zittau/Görlitz und Zwickau. Seit 2018 wird es im Bundes-Länder-Programm „Innovative Hochschule“ gefördert. 2021 kam die Zusage für weitere fünf Jahre Förderung ab 2023.



Im Verbund treiben Sachsens Hochschulen den regionalen Wissens- und Technologietransfer voran. HTWK-Professor Alexander Stahr – hier mit 3D-gedrucktem Saxony⁵-Logo – bringt seine Expertise zu digital geplanter, ressourceneffizienter Fertigung ein

Gemeinsam stark

„Es zeichnet die sächsischen Hochschulen für Angewandte Wissenschaften aus, dass sie ihre Stärken lieber zusammentun, als sie im Konkurrenzkampf auszuspielen. Dass

das gemeinsame Ganze mehr ist als die Summe seiner Teile, haben sie mit Saxony⁵ eindrucksvoll bewiesen“, so Sachsens Wissenschaftsminister Sebastian Gemkow. Die Pläne für die Zukunft umreißt Prof. Ralf Thiele, Prorektor für Forschung und Projektleiter an der HTWK Leipzig folgendermaßen: „In den kommenden fünf Jahren wollen wir den Transfer von Wissen und Technologien aus unseren forschungsstarken Themenbereichen noch zielgerichteter gestalten und beschleunigen. Denn für zentrale gesellschaftliche Herausforderungen wie den Struktur- und Klimawandel oder die Energiewende braucht es

dringend anwendungsreife Lösungen, die nur in engem Austausch von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entstehen können.“

Wissen weiterreichen

Ein zentrales Transferinstrument stellt für die HTWK Leipzig der Austausch mit der vielschichtigen Stadtgesellschaft durch verschiedene Formate der Wissenschaftskommunikation dar. So beteiligte sich die

Innovative Hochschule

Mit der Förderinitiative „Innovative Hochschule“ unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung Hochschulen sowie kleine und mittlere Universitäten bei ihrer „dritten Mission“: dem forschungsbasierten Ideen-, Wissens- und Technologietransfer. Denn so können aus Erkenntnissen aus der Forschung noch effizientere kreative Lösungen für die drängenden Herausforderungen unserer Zeit entstehen.

Hochschule bereits mehrfach am Leipziger Wissenschaftskino, bei dem Filme gezeigt werden, die wichtige gesellschaftliche Fragen thematisieren, und über die Bürgerinnen und Bürger mit Forschenden ins Gespräch kommen. Auch das Programm der Hochschule zur regelmäßig stattfindenden Langen Nacht der Wissenschaften wird aus Saxony⁵ heraus organisiert. Denn Wissenschaft, die unterhaltsam und vor Ort erlebbar wird, ist immer wieder ein großer Publikumsmagnet.

Um auch jenseits der Stadtgrenzen die breite Öffentlichkeit zu erreichen, nutzte das Projektteam von Saxony⁵ weitere Formate. Beispielsweise portraitierte es Promovierende in Videos, um zu zeigen, an welch spannenden Themen die Nachwuchsforschenden arbeiten. Einblicke in die vielfältigen Forschungsthemen erhalten Interessierte auch mit dem Forschungsmagazin der HTWK Leipzig und zunehmend über Beiträge in sozialen Medien. Insbesondere während der Corona-Pandemie setzte das Team verstärkt auf digitale Formate und probierte auch neue innovative Medien aus. „So beteiligte sich die HTWK Leipzig an der ersten rein virtuellen Langen Nacht der Wissenschaften in Leipzig 2021 mit einem neuen Konzept. Um einen höheren Interaktionsgrad in der digitalen Welt zu erreichen, stellte die Hochschule ihre Angebote in einem Virtual-Reality-Ausstellungsraum dar, in dem die Besucherinnen

und Besucher vom heimischen Sofa aus durch ein Hochschulgebäude gehen und dabei zwischen verschiedenen Aktionen wählen konnten“, so Projektmitarbeiterin Dr. Franziska Böhl.

Neue Werkzeuge und Themen

Auch in den kommenden fünf Jahren wird der forschungsbasierte Ideen-, Wissens- und Technologietransfer an der HTWK Leipzig weiter ausgebaut. Der Fokus liegt dabei auf drei

übergeordneten Themen: Hier bringen HTWK-Forschende ihre Expertise in den Bereichen Produktion, Energie und Umwelt ein – drei langfristig gesellschaftlich relevante Themen, bei denen ein Transfer und damit auch ein wechselseitiger Austausch von Hochschulen mit Akteurinnen und Akteuren aus Wirtschaft, Kultur und Gesellschaft ein bedeutender Motor für Innovationen sein kann.

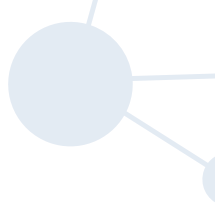
➔ saxony5.de

„Anwendungsreife Lösungen können nur in engem Austausch von Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft entstehen“

Prof. Ralf Thiele, Projektleiter und
Prorektor für Forschung der HTWK Leipzig



Prof. Ralf Thiele, Prorektor für Forschung der HTWK Leipzig



Im Transferlabor „Additive Fertigung“ befassten sich Forschende mit neuen Möglichkeiten im Metall-, Kunststoff- und Keramikdruck. Sinnbildlich dafür stehen die „Swaying Straws“ der Architekten Fabian Eidner (links) und Theodor Reinhardt

Kritische Chemikalien zu substituieren war ein Anliegen des Transferlabors „Biodiversität und Landwirtschaft“. Wissenschaftler wie Dr. Ulf Roland fanden mithilfe der Radiowellen-Technologie anwendbare Lösungen



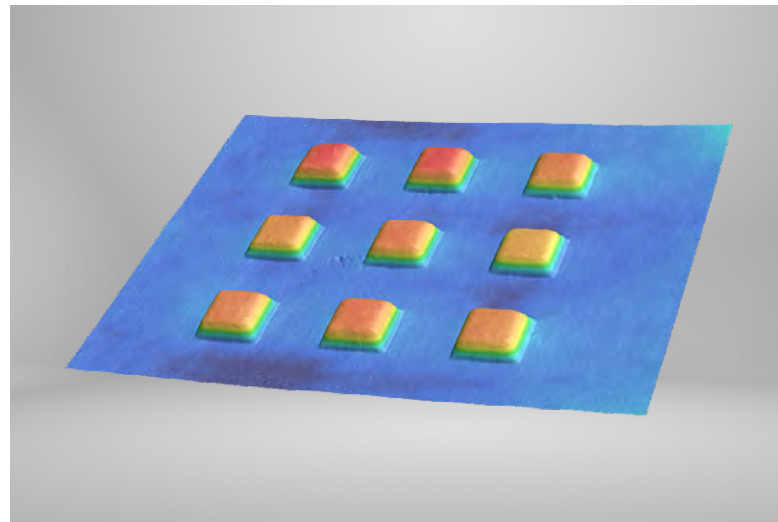
Analysieren, simulieren und optimieren war das Ziel des Transferlabors „Versorgungsinfrastruktur“. Dabei entstand eine Sturzflutensimulation, um mögliche Schwerpunkte einer Überflutung vorherzusagen und Gegenmaßnahmen vorzubereiten



Im Transferlabor „Fabrik der Zukunft“ standen Anwendungen für die Industrie 4.0 im Mittelpunkt. Prof. Jens Jäkel (links) und Robert Thiel unterstützten Unternehmen dabei, Potenziale der Mensch-Roboter-Kooperation zu erschließen



Elektrisches Fahren stand im Fokus des Transferlabors „Vernetzte Mobilität“, in dem die Wissenschaftler gemeinsam mit Praxispartnern verschiedene Ladetechnologien erprobten



Im Labor für Oberflächentechnik verbesserten Forschende haptische und optische Eigenschaften von Verpackungen mithilfe von Techniken wie dem Prägen. So entstand auch diese mit dem 3D-Mikroskop gemessene Oberfläche. Das Labor half Unternehmen bei der Vorhersage möglicher Probleme mit der Klebefähigkeit oder Bedruckbarkeit, die auf Verpackungen auftreten könnten

Dissertationspreis 2022

Sichere und effiziente Stromnetze

Damit die Energiewende gelingt, muss das hiesige Stromnetz um- und ausgebaut werden. Kohle- und Atomkraftwerke werden abgeschaltet, dafür werden neue Wind- und Solaranlagen benötigt. Gleichzeitig steigt der Stromverbrauch und die Stromnetze werden größer. Das kann zu unerwünschten Frequenzanteilen in Strom und Spannung führen. Eine Methode, mit der hohe Frequenzen, sogenannte Oberschwingungen, in Energienetzen gemessen und reduziert werden können, entwickelte Dr. Kai Bartholomäus im Rahmen seiner Doktorarbeit. Dafür ehrte ihn die Stiftung HTWK mit dem Dissertationspreis 2022.

Zu hohe Oberschwingungen können gefährlich werden, wenn durch umgefallene Bäume oder andere Ursachen eine Verbindung zwischen Stromleitung und Erde hergestellt wird. Bei den meisten Erdschlüssen fließt nur wenig Strom, weil eine sogenannte Erdschlussspule im Verteilnetz einen Großteil des Fehlerstroms kompensiert. Doch bei zu hohen Oberschwingungen wird bei einem Erdschluss trotz Spule mehr Strom abgeleitet als zulässig.

Seit mehr als zehn Jahren entwickeln Wissenschaftler des Instituts für Elektrische Energietechnik der HTWK Leipzig eine Erweiterung für die Erdschlussspule. Bartholomäus arbeitet seit 2011 mit und optimierte das Verfahren während seiner Promotion: „Mit meiner Forschung konnte ich zeigen, dass das Verfahren auch bei variablen Energienetzen die dominanten Oberschwingungsanteile im Erdschlussreststrom ausreichend reduzieren kann.“ Um die Wirksamkeit nachzuweisen, führte er anschließend Netzversuche durch. Dafür entwickelte er zusätzlich ein Verfahren, mit dem er gezielt nur die Oberschwingungen messen



Dr. Kai Bartholomäus bei der Preisverleihung
im Leipziger Gewandhaus

konnte, um keine Stromausfälle zu verursachen. Den sogenannten frequenzselektiven Erdschluss meldete er 2014 zum Patent an.

Bereits über 360 Mal hat Bartholomäus seitdem für Energieversorger die Oberschwingungsanteile in deren Mittelspannungsnetzen gemessen und geprüft, ob die Grenzwerte eingehalten werden. Ist dem nicht so, müssen sie die Netze umstrukturieren oder bei einer Störung abschalten. Beides ist aufwendig, teuer und beeinträchtigt die Versorgungszuverlässigkeit. Das Verfahren von Bartholomäus bietet eine einfache, günstige und zugleich wirksame Alternative.

Derzeit arbeitet er in einem neuen Forschungsprojekt an einer ähnlichen Technologie für Hochspannungsnetze. Bartholomäus: „So bleiben Stromnetze auch im Zuge der Energiewende effizient und sicher.“ — *frb*

Was kann die Hand?

Bei vielen Tätigkeiten benutzen wir unsere Hände: Sind sie verletzt, führt das zu großen Einschränkungen. Eine Therapie ist komplex, denn Hände bestehen aus 27 Einzelknochen und mehr als 30 Muskeln. Therapeutinnen und Therapeuten kennen verschiedene Behandlungen, mit denen sie Betroffenen helfen können. Doch bevor die Therapie beginnt, müssen sie feststellen, was die verletzten Körperteile noch können. Um die verletzungsbedingten Defizite der Patientinnen und Patienten darzustellen, gab es bisher kein ganzheitliches Verfahren. Diese Lücke erkannte Handtherapeutin Melanie Wittich und gründete die „HandWerk Test- und Therapietechnik“ für eine zielorientierte Behandlung.

Ihr Testverfahren stellt die Funktionen der Hand nach einem standardisierten Schema fest und dokumentiert Heilungserfolge während der Therapie. Fachleute können so die Behandlung von Handverletzungen planen, durchführen und dokumentieren. Der Handfunktionstest nach Wittich umfasst elf verschiedene Tests: Diese bilden alle Griffe ab, die die Hand im Alltag können muss, und überprüfen die Feinmotorik. Per Tablet wird bei jedem Durchgang der Fortschritt protokolliert. Auch die Kraft in der Hand wird gemessen, um die individuellen Einschränkungen in Beruf und Alltag darzustellen.

Zum Team „HandWerk Test- und Therapietechnik“ um Melanie Wittich gehören Lukas Kreiner und Florian Aurich. HTWK-

Absolvent Kreiner stellt jedes Teil des Funktionstests in Handarbeit her. Dabei verwendet er ausschließlich Naturmaterialien wie Holz und Kork für eine angenehme Haptik bei der Anwendung. Zum Testverfahren gehört außerdem eine von Aurich programmierte App, die auf dem Tablet installiert ist. Diese leitet die Therapierenden durch die Tests, sodass sie sich auf die Patientinnen und Patienten konzentrieren können. Zudem speichert die App die Testergebnisse der Betroffenen; so können die Therapierenden den Fortschritt dokumentieren und visualisieren.

Bis zum fertigen Produkt sind seit der Ideenentwicklung 2010 knapp 13 Jahre vergangen. In dieser Zeit unterstützte ein Expertenteam der HTWK Leipzig sowie deren Gründungsberatung Startbahn 13 Melanie Wittich und ihr Start-up. Die lange Entwicklungszeit hat sich gelohnt: Seit 2023 ist der Handfunktionstest als Medizinprodukt zugelassen. — sb



Erkennen das Potenzial von Händen: (v. l.) Melanie Wittich, Florian Aurich und Lukas Kreiner

Mit Radiowellen Schlaglöcher sanieren

Radiowellen können Gegenstände von innen heraus erwärmen. Diesen Effekt nutzt das Unternehmen RWInnoTec zum zügigen und umweltfreundlichen Erhitzen von Asphalt, um damit Schlaglöcher zu füllen. Dafür wurden Forschende der HTWK Leipzig und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung, die gemeinsam das Start-up gründeten, mit dem IQ Innovationspreis Leipzig und dem eku Zukunftspreis ausgezeichnet.

Schlaglöcher sind eine Gefahrenquelle und erhöhen die Lärmbelastung. Für deren Sanierung wird meist heißer Asphalt verwendet. Doch wenn bei Kälte oder nachts die Asphaltmischwerke geschlossen sind, gibt es nur Kaltasphalt. Dieser ist kostenintensiver, weniger robust und enthält meist kritische Lösungsmittel. Eine Alternative bietet das 2021 gegründete Unternehmen RWInnoTec aus Leipzig. Die daran beteiligten sechs Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der HTWK Leipzig und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) haben eine neue Erwärmungstechnologie für Reparaturasphalt auf Basis von Radiowellen entwickelt: „Mit unserer mobilen Anlage können wir innerhalb weniger

In der mobilen Radiowellenanlage – hier blau-gelb im Hintergrund – wird der Asphalt vor Ort erwärmt und mit Schubkarre und Teerschieber auf die Straße gebracht



Minuten bedarfsgerecht vorgefertigte Asphaltplatten auf die gewünschte Verarbeitungstemperatur von etwa 160 Grad Celsius erwärmen, ohne dass die Qualität des Asphalts beeinträchtigt wird und Lösungsmittel freigesetzt werden“, sagt Dr. Markus Kraus, Geschäftsführer von RWInnoTec. Das Start-up wird im Rahmen des Existenzförderprogramms des Bundeswirtschaftsministeriums gefördert.

Ausgezeichnete Idee

Im Sommer 2022 gewann das Unternehmen den mit 5.000 Euro dotierten IQ Innovationspreis Leipzig und belegte zusätzlich den zweiten Platz im Cluster Energie, Umwelt und Solarwirtschaft der IQ Innovationspreise Mitteldeutschland. Mit den Auszeichnungen fördert die Europäische Metropolregion Mitteldeutschland neuartige, marktfähige Produkte, Verfahren und Dienstleistungen, um Innovation und Wettbewerbsfähigkeit in der Region zu steigern. Auch einen mit 15.000 Euro dotierten eku Zukunftspreis 2022 in der Kategorie „eku Idee“ gewannen die Forschenden. Mit dem Preis zeichnet der Freistaat Sachsen Projekte aus, die vorbildhaft zum Umweltschutz in Sachsen beitragen.

Radiowellen-Technologie kann noch mehr

Die mobile Radiowellen-Anlage ist das erste Produkt von RWInnoTec. In Zukunft möchte das Unternehmen weitere Produkte und Dienstleistungen auf den Markt bringen. Beispielsweise will das Team Radiowellen künftig zur Trocknung feuchten Mauerwerks und zur chemikalienfreien Bekämpfung von Holzschädlingen einsetzen. „Normalerweise dringt Wärme über die Oberfläche ins Innere von Objekten. Radiowellen dagegen erhitzen von innen heraus, daher ist eine Erwärmung mittels Radiowellen



Das Team von RWInnoTec (v. l.): Dr. Ulf Roland, Dr. Markus Kraus, Dr. Ulf Trommler, Maria Kraus, Dr. Frank Holzer und Christian Hoyer

in der Regel deutlich energiesparender und schneller als bei herkömmlichen Methoden. Vor allem kleine und mittelständische Unternehmen sowie Handwerksbetriebe interessieren sich für die neue Technologie, zu der wir sowohl die notwendigen Geräte liefern als auch Schulungen vor Ort anbieten wollen“, erläutert Kraus. Für die Umsetzung der Vorhaben wird RWInnoTec derzeit vom SpinLab unterstützt.

Vom Forschen zum Gründen

Die Zusammenarbeit bei der Entwicklung der Radiowellen-Technologie am UFZ und an der HTWK Leipzig reicht bis in die 1990er Jahre zurück. Damals untersuchten die Forschenden, wie mit Radiowellen Böden saniert werden können – beispielsweise, indem Schadstoffe in Böden durch höhere Temperaturen freigesetzt und anschließend abgesaugt werden. Mit der Zeit erprobten sie weitere Einsatzmöglichkeiten. „Wir haben mit der Wirkung von Radiowellen auf chemische Stoffe wie Adsorbentien und Katalysatoren experimentiert, testeten den

Nutzen von Radiowellen für die Trocknung von Rohbiogas oder Wasserstoff und suchten nach neuen Anwendungsmöglichkeiten im Bauwesen“, blickt Dr. Ulf Roland zurück. Der Wissenschaftler leitet seit vielen Jahren die einrichtungsübergreifende Arbeitsgruppe im Innovationsnetzwerk RWTec und ist im Transferprojekt Saxony⁵ tätig.

RWInnoTec baut auf dieses Fundament auf und unterstützt das Bemühen beider Einrichtungen, vielversprechende Forschungsergebnisse in die Praxis zu bringen. Das ist für Roland einer der Gründe, die ihn trotz des Unternehmensstarts mitten in der Corona-Pandemie optimistisch in die Zukunft schauen lassen: „Erste Schlaglöcher konnten wir in Leipzig mit der neuen Technologie bereits schließen. Zusammen mit unseren Pilotpartnern im Leipziger Raum und in Hessen planen wir weitere Einsätze, um unsere Innovation auf die Straße zu bringen.“ — rs/kh

Forschung am Fahrrad

Maschinenbau ist in Deutschland klassischerweise mit dem Automobilbau verknüpft. Dass das längst nicht alles ist, beweisen drei Maschinenbau-Ingenieure der HTWK Leipzig mit dem im Sommer 2021 eröffneten Lehr- und Forschungslabor Bikelab. „In der Verkehrswende nimmt das Fahrrad eine immer wichtigere Rolle ein. Gleichzeitig ist es ein Alltagsgegenstand, der auch für eine anwendungsnahe Lehre und Forschung interessant ist“, so Stephan Schönfelder, Professor für die Simulation energetischer und technischer Systeme. Gemeinsam mit seinen Mitarbeitern Felix Kaule und Kjell Bühler experimentiert er im Bikelab an Fahrradrahmen, erstellt virtuelle Simulationsmodelle und führt Forschungsaufträge von Fahrradherstellern durch.

Das Labor hilft den Wissenschaftlern, rein rechnerisch erstellte Finite-Elemente-Simulationsmodelle mit experimentell gesammelten Messdaten abzugleichen. Forschungspartner wiederum können mithilfe der Simulationsmodelle reale Belastungstests nachbilden, um so während der Entwicklung zu bewerten, ob und wo ein Fahrradrahmen versagen könnte.

Am Versuchsstand im Bikelab können Kjell Bühler (links) und Felix Kaule ermitteln, wie steif der Fahrradrahmen ist – und die Ergebnisse mit denen aus der Simulation vergleichen

Im Bikelab steht ein statischer Versuchsstand, auf dem die Forscher verschiedene Fahrradrahmen mit einem Gewicht von bis zu 80 Kilogramm belasten können. Dabei messen sie mithilfe von Dehnmessstreifen und Messuhren die Verformung an verschiedenen Positionen. Im Simulationsmodell analysieren sie die entsprechenden Stellen und vergleichen die Ergebnisse mit dem Experiment. So bestimmen sie die Belastung und Steifigkeit des Rahmens – ein wichtiges Qualitätsmerkmal für Fahrräder.

Schönfelders Motivation: „Im Idealfall können wir dank des Bikelabs unsere Simulationsmethoden weiterentwickeln, welche dann in Lehre und Forschung

Anwendung finden. Nebenbei möchten wir unsere Begeisterung fürs Radfahren weiterreichen.“ In Zukunft wollen die Forschenden Sensoren am Fahrrad befestigen und die Belastung während der Fahrt messen. Verglichen mit den Daten der Simulationsmodelle wollen sie so den Schädigungsstatus und die Lebensdauer von Rahmen und Fahrradteilen bestimmen. — kh

➔ bikelab.htwk-leipzig.de



Videoanalysen sind fester Trainingsbestandteil im Kanu-Rennsport. Typischerweise wird vom Ufer oder Motorboot aus ein Video aufgenommen. Mithilfe einer KI-basierten Software der HTWK Leipzig lassen sich solche Videos künftig automatisiert auswerten

Künstliche Intelligenz im Kanu-Rennsport

Die deutschen Kanusportlerinnen und -sportler schaffen es in internationalen Wettkämpfen immer wieder aufs Siebertreppchen. So holte die amtierende Weltmeisterin im Kanu-Slalom, Ricarda Funk, auch bei den Olympischen Spielen in Tokio eine Goldmedaille. Für solche Spitzenleistungen braucht es nicht nur Talent und trainierte Muskeln, sondern auch die richtige Technik: Der Einstechwinkel des Paddels ins Wasser, die Position der Arme, die Bewegungsfolge – all das spielt eine Rolle. Erfahrene Trainerinnen und Trainer sehen viel. Aber um Höchstleistungen zu erzielen, sind Detailanalysen von Trainings- und Wettkampfvideos heutzutage essenziell. Deren Auswertung ist allerdings sehr zeitaufwendig.

Forschende des Instituts für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) und des Laboratory for Biosignal Processing an der HTWK Leipzig arbeiten deshalb seit Jahren zusammen, um die Paddeltechnik von Athletinnen und Athleten mithilfe künstlicher Intelligenz automatisch auszuwerten. „Die Schwierigkeit liegt in der möglichst exakten Lokalisierung der Gelenke, des Paddels sowie des Kanus in jedem einzelnen Bild des Videos, denn all diese Komponenten sind zur Berechnung der gewünschten Trainingsparameter notwendig. Wir nutzen hierfür spezielle künstliche neuronale Netze, um unter anderem ein virtuelles Skelett der Sportlerinnen und Sportler in den Bildsequenzen zu bestimmen“, erklärt Mirco Fuchs, HTWK-Professor für Computer Vision und Maschinelles Lernen. Gemeinsam mit seinen Mitarbeitern Patrick

Frenzel und Daniel Matthes entwickelt er eine Softwarelösung, in der das Expertenwissen von Trainingswissenschaftlern des IAT in lernbasierten Algorithmen abgebildet wird. Sowohl Profis als auch der Nachwuchs können dann von der Unterstützung künstlicher Intelligenz zur Analyse der individuellen Paddeltechnik profitieren. — rs

Künstliche neuronale Netze

Das sind Computerprogramme, die ähnlich wie unser Gehirn arbeiten. Sie können Muster in Daten erkennen, beispielsweise ob auf einem Foto eine Katze oder ein Hund abgebildet ist.



Wärme aus der Tiefe

Text: Dr. Rebecca Schweier

Das Erdinnere ist eine unerschöpfliche Wärmequelle. Doch in Deutschland fristet Geothermie bislang ein Nischendasein: Die Investitionskosten sind hoch; noch dazu muss jede Anlage individuell ausgelegt werden. Forschende der HTWK Leipzig und des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung (UFZ) wollen die Planung für oberflächennahe geothermische Systeme verbessern und so der regenerativen Wärmewende auf die Sprünge helfen.

Eine Reise zum Mittelpunkt der Erde, wie sie Jules Verne vor 150 Jahren beschrieb, wird immer Fiktion bleiben – dort ist es einfach viel zu heiß. Die Temperatur in den obersten Bodenschichten schwankt mit den Jahreszeiten, aber ab einer Tiefe von zehn, fünfzehn Metern ist es immer gleich warm – in Leipzig sind das beispielsweise 12 Grad Celsius. Ab hier wird es in der Erdkruste alle 100 Meter, die man nach unten gräbt, rund drei Grad wärmer. Nach menschlichen Maßstäben ist diese Wärme noch unendlich lange verfügbar. In Island versorgt die Hitze aus der Tiefe mithilfe von sechs Geothermie-Kraftwerken und Fernwärmeleitungen fast alle Haushalte mit Wärme. Doch auch hierzulande kann Geothermie mithilfe von Wärmepumpen als abgasfreie und verlässliche Wärmequelle dienen.



Wer in die Tiefe will, braucht schweres Gerät: Spezialtiefbauer der Firma SBS bohren auf dem Grundstück eines Architekturbüros in Markkleeberg, um eine Erdwärmesonde zu legen

Weniger als ein Prozent

Ob Berliner Reichstag oder Humboldt-Forum – nicht nur diese Prestigeobjekte, sondern mehr als 400.000 Gebäude werden in Deutschland mit Geothermie beheizt und zum Teil auch gekühlt. Insgesamt macht das allerdings nur rund 1,5 Prozent des gesamten Wärmebedarfs aus. Die meisten Gebäude hierzulande besitzen Gas- oder Ölheizungen und tragen damit erheblich zu den Treibhausgasemissionen bei. „Dass Geothermie noch ein Nischendasein fristet, liegt an vielen Gründen, allen voran die hohen Investitionskosten und der komplexe Planungsprozess“, erklärt Anke Bucher. Die HTWK-Professorin für Angewandte Mechanik forscht gemeinsam mit dem Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ) seit Jahren zur oberflächennahen Geothermie. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler möchten an möglichst vielen

Stellschrauben drehen, um dieser regenerativen Energiequelle zu einem breiteren Einsatz in Deutschland zu verhelfen. „Mit oberflächennaher Geothermie können nicht nur einzelne Gebäude, sondern auch ganze Stadtteile mit Wärmeenergie versorgt werden. Das ist wichtig, um den Gebäudesektor zügig klimafreundlicher zu machen. Bislang gibt es jedoch nur wenige solcher Projekte, denn sowohl die rechtlichen Rahmenbedingungen als auch die Planungsrichtlinien sind für Einzelanlagen ausgelegt“, erklärt der Umweltingenieur Prof. Olaf Kolditz vom UFZ.

Wie viel eine Geothermie-Anlage kostet, lässt sich oft erst nach gründlicher Untersuchung der Standortbedingungen abschätzen. So kann

beispielsweise eine Probebohrung genutzt werden, um den Untergrund im Detail kennenzulernen: Aus welchen Schichten ist er aufgebaut? Wie warm ist er? Und wie schnell kann er diese Wärme abgeben? Zudem sind auch Kenntnisse über die Grundwasserverhältnisse von großer Bedeutung. Erst wenn diese Informationen vorliegen, können Planungsbüros kalkulieren, wie viele Erdwärmesonden in welcher Länge benötigt werden. Im besten Fall reicht eine Sonde – dann kann die Probebohrung dafür weiterverwendet werden. Es kann aber auch sein, dass noch weitere Bohrungen nötig sind. Jeder Bohrmeter treibt die Kosten in die Höhe – 2022 lag der Preis pro Bohrmeter bei mehr als 100 Euro. Insgesamt schlägt eine Geothermieanlage für ein Eigenheim im mittleren

fünfstelligen Bereich zu Buche – das ist noch einiges mehr als bei einer Gasheizung. Noch dazu braucht es spezielle Niedertemperaturheizkörper oder Fußbodenheizungen. In Bestandsgebäuden dauert es daher sehr lange, bis sich eine Umstellung auf Geothermie rentiert. Dafür fallen für den laufenden Betrieb vergleichsweise geringe Kosten für den Strom der Wärmepumpe an.

Prof. Dr. Anke Bucher

(*1967) ist seit 2007 Professorin für Angewandte Mechanik an der HTWK Leipzig. Nach ihrem Maschinenbau-Studium an der Technischen Universität Dresden arbeitete sie als Berechnungsingenieurin in Frankreich und promovierte danach zur Mechanik von Festkörpern. Ihre Erfahrungen in der Finite-Elemente-Berechnung fließen auch in ihr Forschungsprojekt zur Geothermie ein.

Die Planung vereinfachen

Auch die Planung der Anlagen ist komplex. Damit die zur Nutzung der Anlage in der Regel notwendige Wärmepumpe möglichst wenig Strom benötigt, muss nicht nur der Untergrund gut bekannt sein, sondern auch der Energieverbrauch des Gebäudes. Außerdem gelten je nach Bundesland spezielle Auflagen: In Berlin beispielsweise dürfen die Bohrungen nicht tiefer als 99 Meter reichen, weil darunter ein salzhaltiger Grundwasserleiter verläuft, der auf keinen Fall mit den oberen süßwasserhaltigen Grundwasserleitern verbunden werden darf. In Hessen wiederum müssen Grundstückseigentümern und -eigentümer nachweisen, dass sich der Boden an der Grenze zum Nachbargrundstück über 50 Jahre nicht messbar erwärmt oder abkühlt – gewissermaßen, um den

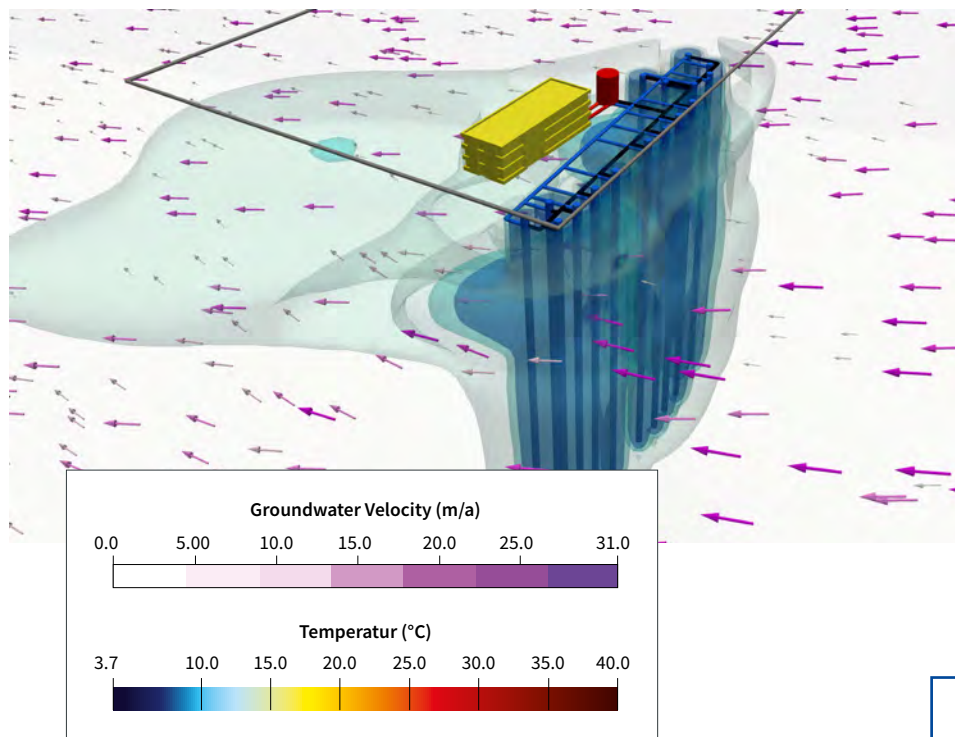
Nachbarinnen und Nachbarn nichts wegzunehmen. „Erdwärme ist ein sogenannter bergfreier Bodenschatz“, erklärt HTWK-Projektmitarbeiter Jakob Randow, „das heißt, dass die Nutzung dieser Ressource nicht automatisch erlaubt ist, nur weil man das zugehörige Grundstück besitzt. Eine Genehmigung ist vonnöten.“ Voraussetzung hierfür sind umfangreiche Simulationen, die die Temperaturveränderungen im Boden rund um die Erdwärmesonde vorhersagen. Als Alternative zu teurer, kommerzieller Software koordiniert Kolditz' Forschungsteam am UFZ seit Jahren die Entwicklung der Open-Source-Lösung OpenGeoSys, die für beliebig skalierbare Projekte funktioniert, von Eigenheim bis Kleinstadt.

Schlüssel für eine zuverlässige Simulation ist eine gute Datenbasis. Deshalb entwickeln die Forscherinnen und Forscher des UFZ die Methoden zur Untergrunderkundung stetig weiter. Wichtig ist aber auch zu wissen, welche Parameter besonders relevant sind für die Auslegung einer Geothermianlage. Diese Sensitivitätsanalyse hat das HTWK-Forschungsteam um Anke Bucher durchgeführt. „Die Ergebnisse sind komplex. Grob lässt sich

„Der wichtigste Einflussfaktor ist die ungestörte Ausgangstemperatur im Boden, und die schwankt innerhalb Deutschlands beträchtlich“

Prof. Dr. Anke Bucher, Angewandte Mechanik





Simulation einer Geothermieanlage einer Berliner Schule. Die Pfeile stellen die Strömung des Grundwassers dar

aber sagen: Der wichtigste Einflussfaktor ist die ungestörte Ausgangstemperatur im Boden, und diese schwankt innerhalb Deutschlands beträchtlich. In Freiberg in Sachsen liegt diese beispielsweise bei nur 9 Grad, während in Frankfurt am Main stolze 15 Grad auf dem Thermometer stehen. Deshalb haben wir verschiedene Standortprofile erstellt, die künftig helfen können, unterschiedliche Gegebenheiten zu simulieren.“ Ebenfalls eine große Rolle für ein effizientes Geothermie-system spielt die genaue Prognose des Wärme- und Kühlenergiebedarfs eines Gebäudes oder Quartiers. Dafür hat ein Team um HTWK-Professor Stephan Schönfelder ein Simulationsmodell für die Haustechnik erarbeitet, das die Simulation des Untergrunds ergänzt. Im Ergebnis wurde eine Schnittstelle zwischen den Softwarekomponenten entwickelt, um die Simulationen von Untergrund und Gebäudetechnik miteinander zu koppeln.

Die Vision

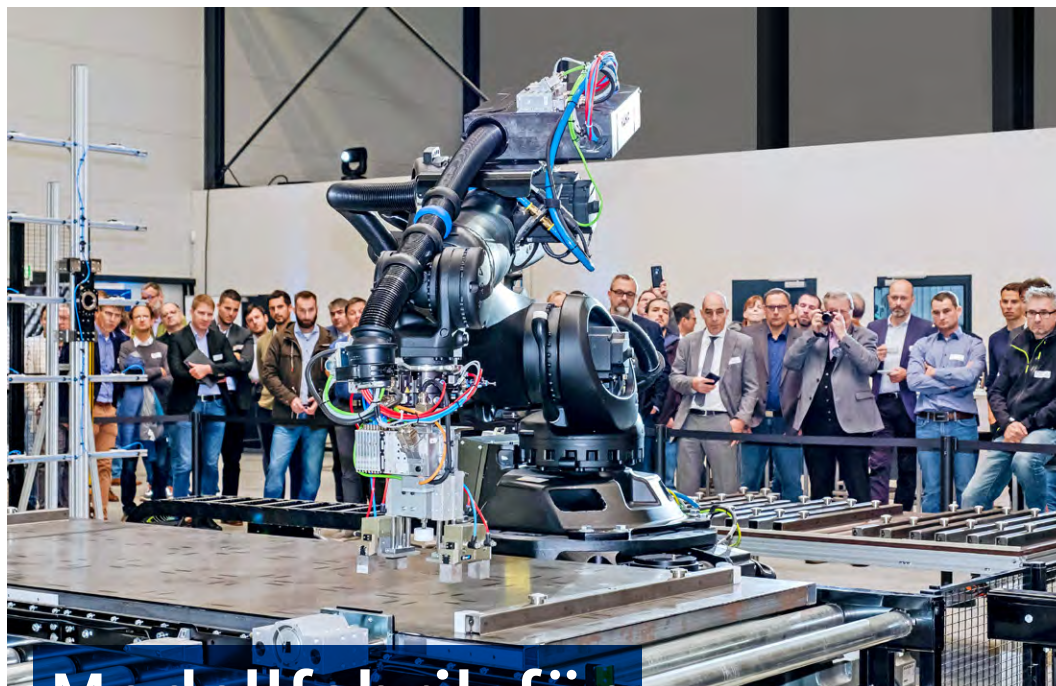
Mit den Softwareentwicklungen sowie Empfehlungen für die Planung von oberflächennahen Geothermieanlagen und zur Anpassung rechtlicher Rahmenbedingungen wollen die Forschenden einen Beitrag zum Erreichen der Klimaziele leisten. Die Ergebnisse ihrer Untersuchungen werden im November 2023 als Buch veröffentlicht. Eine Energiewende gelingt nur mit einer Wärmewende, denn der Wärmesektor macht mit etwa 56 Prozent den größten Anteil am deutschen Endenergieverbrauch aus. Insgesamt kann nach Berechnungen des Leibniz-Instituts für Angewandte Geophysik bis 2045 ein Heizenergiebedarf von 186 Terrawattstunden durch oberflächennahe und tiefe Geothermie gedeckt werden – mehr als 40 Prozent des derzeitigen Heizenergiebedarfs in deutschen Haushalten. —

Oberflächennahe Geothermie

Erdwärmesonden können Gebäude mit Heiz- und Kühlenergie versorgen. Dazu werden neben oder direkt unter dem Gebäude mehrere Bohrungen von typischerweise 70 bis 140 Metern Tiefe angelegt, in welche U-förmige Rohre einzementiert werden. Die Rohre werden mit Wasser und Frostschutzmittel befüllt. Eine elektrische Pumpe zirkuliert die Flüssigkeit und bringt so die im Untergrund herrschende Temperatur, zwischen 9 und 15 Grad, nach oben. Diese zum Beheizen eines Gebäudes noch zu niedrige Temperatur wird mittels einer Wärmepumpe auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Dabei wird über einen Wärmetauscher die Wärme aus der Sonde auf ein spezielles Gas übertragen, welches anschließend durch einen Kompressor verdichtet wird. Dadurch erhitzt sich das Gas. Die erzeugte Wärme wird schließlich an den Heizkreislauf übertragen, also an die Flüssigkeit, die durch die Heizungsrohre zirkuliert und so ein Gebäude beheizt. Nach demselben Prinzip funktionieren auch unsere Kühlschränke – nur, dass der Prozess hier umgekehrt abläuft und dadurch Kälte erzeugt.

Zum Buch
EASyQuart





Von Fachleuten
bestaunt: Einer der
drei Roboter im Car-
bonbetontechnikum

Modellfabrik für Carbonbeton eröffnet

SCHLAGLICHTER

Seit dem 29. September 2022 ist das Bauen der Zukunft erlebbar: An dem Tag eröffneten Staatsminister für Regionalentwicklung Thomas Schmidt, HTWK-Rektor Mark Mietzner und Betonbau-Professor Klaus Holschemacher das Carbonbetontechnikum der HTWK Leipzig – eine einzigartige Modellfabrik für die automatisierte Fertigung von Bauteilen aus Carbonbeton. Per Knopfdruck schalteten sie in der modernen Leichtbauhalle in Leipzig-Engelsdorf einen der drei Industrieroboter an. Er setzte sich wenige Meter entfernt in Bewegung und begann, eine netzartige Struktur aus Carbongarn zu fertigen.

Mit dem Carbonbetontechnikum entstand ein „Leuchtturm sächsischer Ingenieurskunst, der gute Grundlagen für ein digitales, ressourcen- und klimaschonenderes Zeitalter auf dem Bau schafft“, so Schmidt. Denn der neue Verbundwerkstoff Carbonbeton verspricht, leistungsfähiger und langlebiger als her-

kömmlicher Stahlbeton zu sein und deutlich weniger Ressourcen zu verbrauchen.

Seit mehr als zwanzig Jahren wird der Verbundwerkstoff von Forschenden unter anderem aus Dresden, Aachen und Leipzig entwickelt. Das Carbonbetontechnikum soll die Überführung in die breite Anwendung beschleunigen. Es entstand im Rahmen der Förderinitiative „C³ – Carbon Concrete Composite“ und wurde vom Bundesforschungsministerium sowie vom Freistaat Sachsen finanziert. „Hier erforschen wir, welche Prozesse eine effiziente Produktion von Carbonbeton ermöglichen, um damit ökologisch und ökonomisch vorteilhafte Bauteile herzustellen. Denn auch wenn Carbonbeton und Stahlbeton vergleichbare Anwendungsgebiete haben, müssen alle Produktionsschritte und Maschinen an den neuen Baustoff angepasst und zum Teil völlig neu gedacht werden“, erklärt Prof. Klaus Holschemacher vom Institut für Betonbau der HTWK Leipzig.

„Hier zeigen wir Bauunternehmen, wie sie ihre Produktionsstätten gestalten müssen, um künftig Carbonbetonbauteile zu produzieren.“

Rund hundert geladene Gäste nahmen an der Eröffnung teil – neben Vertreterinnen und Vertretern aus der regionalen Wirtschaft und Politik auch zahlreiche Fachleute aus ganz Deutschland, denn die Veranstaltung war krönende Abschlussexkursion der Carbon- und Textilbetontage in Dresden. In diesem Rahmen wurde tags zuvor der Cube, das weltweit erste Gebäude aus Carbonbeton, eröffnet. — rs

Hochhäuser aus Holz

Ein Gros der Hochbauten besteht aus Stahlbeton, da Beton in Verbindung mit Stahl große Lasten tragen und weite Flächen überspannen kann. Die Kehrseite: Das Verbundmaterial verbraucht Unmengen an Energie und Rohstoffen und setzt viele Treibhausgase frei. Ein Ziel der Forschenden der HTWK Leipzig ist es, Holz als Alternative – auch im Hochbau – zu etablieren.

Damit Bauunternehmen Holz für mehrstöckige Bauten verwenden können, benötigen sie vielerlei statische Daten und Berechnungsmodelle, unter anderem zum Schwingungsverhalten von Holz. Wie verhält sich das Baumaterial beispielsweise, wenn das Gebäude regelmäßigen Erschütterungen aufgrund von fahrenden Straßenbahnen oder Autos ausgesetzt ist? Ein Modell für derartige statische und dynamische Berechnungen für Holzbauten erstellte Armin Lenzen. Als Forschungsgrundlage analysierten der Professor für Baumechanik und sein Team des Instituts I4S der HTWK Leipzig ein fünfstöckiges Haus aus Massivholz in Leipzig-Lindenau. Dabei erarbeiteten sie praxisorientierte Methoden, um mehrgeschossige Holztragwerke im urbanen Raum zu planen und präzise Prognosen über das Erschütterungs- und Schwingungsverhalten zu treffen.

Dazu erfassten die Forschenden die tatsächlich auftretenden Erschütterungen und Schwingungen während des Bauprozesses. Auf Grundlage der Messdaten identifizierten sie Modelle, anhand derer sich das Schwingungsverhalten neuer Holzbauten umfassend prognostizieren lässt. Messungen im Bauzustand sowie Laborversuche erfassten weitere Einflüsse auf das dynamische Verhalten von Tragkonstruktionen, sei es der Einsatz unterschiedlicher Verbindungsmittel oder Randeinspannungen von Deckenplatten. Die Ergebnisse wurden 2021 im „Journal of Sound and Vibration“ veröffentlicht. — kh

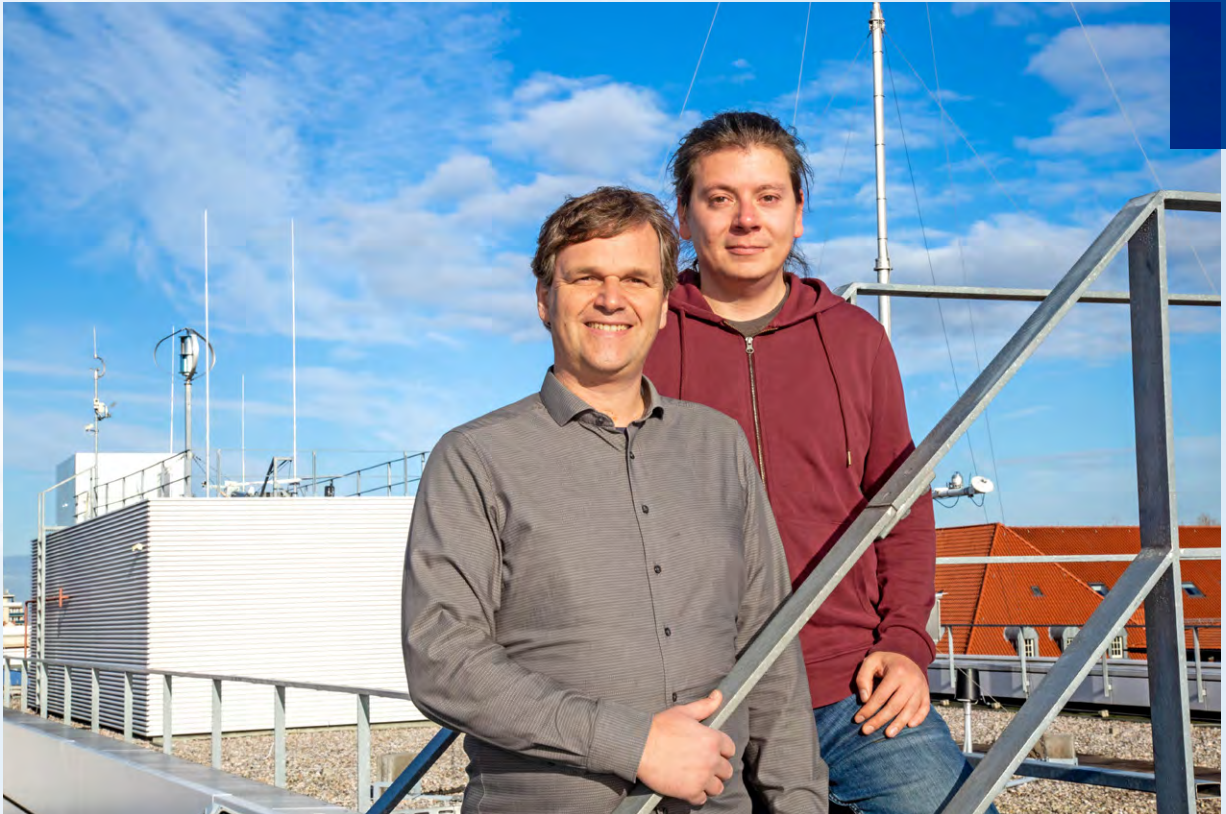
↗ doi.org/10.1016/j.jsv.2021.116016



Digitale Zwillinge für die Wettervorhersage

Was hat Angewandte Mathematik mit Regenwolken zu tun? Sie schafft Methoden für den Bau von digitalen Zwillingen. Ein solches virtuelles Modell soll dabei helfen, den Wassergehalt in Wolken korrekt vorherzusagen.

SCHLAGLICHTER



Mathematische Wolkengucker vor einer Wetterstation: (v. l.) Prof. Jochen Merker und Dr. Willi Schimmel

Wolken sind zentral für die Wetter- und Klimaforschung. Ihr Wassergehalt zeigt, ob und wie stark es regnen wird – das ist wichtig für die Wettervorhersage und die Warnung vor Starkregen. Die Art der Wolken beeinflusst aber auch das Klima: Die tiefliegenden dicken Wolkenschichten reflektieren Sonnenstrahlen zurück ins All und wirken damit abkühlend, die höheren dünnen Wolkenschichten erwärmen den Planeten. Um Wolken zu beobachten, kommen aktuell verschiedene Methoden zum Einsatz: Mittels Lidar – einem Messverfahren ähnlich dem Radar, das Laser-Licht-Impulse in die Atmosphäre sendet – können Meteorologinnen und Meteorologen vor allem den Wassergehalt im unteren Teil der Wolke identifizieren. Dopplerradare wiederum können zwar die gesamte Wolke erfassen, sind aber weniger genau. Ihre Messungen helfen jedoch, Eis und Wasser besser zu unterscheiden.

Jochen Merker, HTWK-Professor für Analysis und Optimierung, und Dr. Willi Schimmel, Postdoktorand am Leibniz-Institut für Troposphärenforschung, wollen die Trefferquote der Voraussagen mithilfe mathematischer Berechnungen erhöhen: Sie entwickeln, gefördert vom sächsischen Wissenschaftsministerium, einen digitalen Zwilling für Fernerkundungssysteme in den Umweltwissenschaften, der den Wassergehalt in Wolken genauer bestimmt.

Dafür füttern die Mathematiker eine künstliche Intelligenz (KI) zunächst mit Daten aus zwei Jahren Wolkenbeobachtung, gemessen in Leipzig für die nördliche und in Punta Arenas in Chile für die südliche Erdhalbkugel. Für die Messungen und seine Dissertation arbeitete Willi Schimmel mit dem Institut

für Meteorologie der Universität Leipzig zusammen. Radar- und Lidaraufzeichnungen liefern Erkenntnisse über die Menge und den Zustand des Wassers: gefroren, gasförmig oder flüssig. „Mit diesen Messdaten trainieren wir derzeit eine KI, damit sie einen fundierten Tipp für den Wassergehalt in Wolken allein anhand von Dopplerradmessungen abgeben kann“, beschreibt Schimmel das Vorgehen. Der digitale Zwilling könnte die oft nicht verfügbaren und teuren Lidarmessungen überflüssig machen, wenn sich zeigt, dass die KI den Wassergehalt von Wolken besser voraussagt.

Die Mathematiker erforschen, welche Werte der digitale Zwilling benötigt, um valide Aussagen zu treffen: „Die Vorhersage der KI darf nicht zu sensitiv von den Trainingsdaten abhängen, damit die Prognose zuverlässig ist“, so Merker. „Wir bewerten derzeit, bei welchen Wolkenarten die KI einen sehr zuverlässigen Tipp abgeben kann und bei welchen das nicht funktioniert. Letzteres ist bisher nur bei wenigen Ausnahmen der Fall.“ Zudem analysieren Merker und Schimmel, wie viele Daten tatsächlich für die Bestimmung des Wassergehalts in den Wolken erforderlich sind – eine Modellreduktion ist vonnöten. Sie sorgt dafür, schnell eine passende Antwort in einer vertretbaren Zeit zu bekommen. Daran wird in der Mathematik bereits seit einer Dekade geforscht. Auch Merker und Schimmel stellten neue numerische Methoden bei Konferenzen vor und erweitern somit das Spektrum der Möglichkeiten bei der Anwendung von Mathematik. — kh

Digitaler Zwilling

Ein digitaler Zwilling bildet ein Objekt oder ein System in einem virtuellen Modell während des gesamten Lebenszyklus ab. Das Modell wird mit Echtzeitdaten gepflegt und setzt Simulation, maschinelles Lernen und Schlussfolgerungen als Unterstützung zur Entscheidungsfindung ein.

Sicheres Wohnen gegen häusliche Gewalt

Sich zuhause sicher fühlen – dieses Grundbedürfnis ist für Betroffene häuslicher Gewalt nicht erfüllt. Meist handelt es sich um Frauen und Kinder: In 80 Prozent der gemeldeten Fälle sind Männer die Aggressoren und verüben sexualisierte sowie körperliche Gewalt. Zudem kommt es zu psychischer Gewalt wie Demütigungen, Drohungen, Einschüchterungen oder sozialer Isolation. Zusätzlich zu diesen Belastungen wird



Gewalt gegen Frauen geschieht meist in den eigenen vier Wänden

die Verantwortung, die Gewalt durch den Umzug in eine neue Wohnung zu beenden, fast immer den Opfern auferlegt.

Der Wohnungswechsel ist mit einer Vielzahl von Schwierigkeiten verbunden, die aus den individuellen Schutz- und Versorgungsbedürfnissen der Betroffenen, psychischer Verletzung und Traumatisierung sowie geringem Zugang zu Ressourcen erwachsen. Auch strukturelle Probleme wie ein Mangel an leistbarem Wohnraum, Diskriminierung und Vorbehalte gegenüber Betroffenen sind Hindernisse. Lange Aufenthalte in Schutzhäusern oder Wohnungslosigkeit sind nur einige der Folgen für betroffene Frauen.

Den Zusammenhang zwischen sicherem Wohnen und häuslicher Gewalt erforschen Rüdiger Wink, HTWK-Professor für Volkswirtschaftslehre, und die wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen Friederike Frieler und Sarah Otto. Bis 2024 wollen sie, gefördert vom Freistaat Sachsen, eine interdisziplinäre Forschungsstelle etablieren und ein Netzwerk von Akteurinnen und Partnern in Sachsen aufbauen. Erkenntnisse über die Bedingungen für Interventionsmöglichkeiten können dazu beitragen, Betroffenen den Zugang zu sicherem Wohnraum zu erleichtern. — *kh*

Neuer Workflow in der Baubranche

Das Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden erfordert viel Personal, Zeit und Geld. Mit der Arbeitsmethode Building Information Modeling (BIM) kann die Baubranche Kosten und Zeit sparen sowie die Qualität steigern. Die konsequente BIM-Anwendung ermöglicht allen Projektbeteiligten, relevante Bauwerksdaten mithilfe digitaler Modelle bereitzustellen und zu vernetzen. „Es fehlt jedoch noch ein gemeinsames Verständnis von BIM-konformen Prozessen. Aktuell werden Abläufe in jedem BIM-Projekt neu durchdacht und verhandelt. Das wollen wir ändern“, sagt Tom Radisch, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der HTWK Leipzig. Eine Lösung dafür entwickeln Radisch und Ulrich Möller, HTWK-Professor für Bauphysik und Baukonstruktion, mit Praxispartnern im Forschungsprojekt „einfach BIM“.

Expertinnen und Experten aus Forschung, Planung, Vergabe, Bauausführung, Betrieb, Recht und Softwareentwicklung untersuchen an drei realen Projekten Digitalisierungsprozesse unter Verwendung der BIM-Methode. Anhand dessen erarbeiten sie bis Juni 2023 gemeinsame Standards, konkrete Vorlagen sowie allgemeingültige und praxisorientierte BIM-Workflows über den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes – zur direkten Anwendung für praxisorientierte, BIM-konforme Prozesse. Diese sind auf der Website einfachbim.de frei abrufbar. „So kommen wir dem Ziel näher, die Anwendung der BIM-Methode in der Baubranche nachhaltig und weitreichend voranzubringen“, so Möller. — *frb*

➔ einfachbim.de



Auf dem Cover der Einblicke 2013 ist Clara Schmidt-Rohlfing im Bodenmechaniklabor der HTWK Leipzig zu sehen. Zehn Jahre später treffen wir die Tiefbauingenieurin im neugestalteten Labor wieder

Damit der Boden uns trägt

Konzentriert blickt Clara Schmidt-Rohlfing auf dem Cover der Einblicke 2013 auf die Messwerte während eines Belastungsversuchs im bodenmechanischen Labor der HTWK Leipzig. Damals vor zehn Jahren sammelte sie während ihres Studiums im Bauingenieurwesen im Labor erste praktische Erfahrungen. Im Forschungsprojekt, betreut von Prof. Said Al-Akel, untersuchte sie den Einfluss von Spannungsänderungen auf Bodenproben. Auch heute noch prüfen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im bodenmechanischen Forschungslabor zylinderförmige Bodenproben mechanisch solange, bis sie seitlich nachgeben und zerbrechen. Den Vorgang erfasst ein Sensor auf ein hundertstel Millimeter genau und ermittelt so die vertikale Verformung bei dem aufgetragenen Druck. Die Messergebnisse zeigen, ob der natürliche oder modifizierte Boden unter einem Bauwerk – sei es ein Haus, eine Straße oder eine Brücke – fest genug ist, um es zu tragen.

Experimente wie diese verbinden Clara Schmidt-Rohlfing und ihre ehemalige Hochschule noch heute. Als Tragwerksplanerin im Bereich Infrastruktur beim Ingenieurbüro CDM Smith arbeitet sie bei geotechnischen Fragestellungen des Öfteren mit der HTWK Leipzig zusammen. Aktuell prüfen und bewerten sie gemeinsam Böden hinsichtlich ihrer Eignung als Baugrund für Windenergieanlagen im Leipziger Süden. Im 60-köpfigen Leipziger Team des international aufgestellten Ingenieurunternehmens sind neben

Clara Schmidt-Rohlfing inzwischen zahlreiche HTWK-Absolventinnen und Absolventen tätig. Sie selbst begann als Werksstudentin bei CDM Smith ihre Karriere, verfasste dort ihre Masterarbeit und wurde sogleich übernommen. Ihre Berufung als Bauingenieurin zeichnete sich früh ab: Während des Abiturs beschäftigte sie sich in einer Jahresarbeit mit Offshore-Anlagen in der Nordsee.

In Markkleeberg aufgewachsen, wohnt die heute 30-Jährige seit dem Studium in Leipzig und will in dieser „ziemlich perfekten Stadt“ auch erst einmal bleiben. Zugleich reizen sie internationale Projekte, um andere Länder kennenzulernen. Beim feierabendlichen Laufen im Leipziger Auwald oder beim Wochenend-Wanderausflug im Leipziger Neuseenland genießt sie die Erholungsgebiete ihrer Heimat.

„Naturschutz und Nachhaltigkeit werden zunehmend wichtiger“, gibt sie zu bedenken und fordert auch in ihrer Branche ein zügiges Umdenken. Tiefbau sei zu oft „ein dreckiger Bauvorgang“, bei dem viel Abfall und Emissionen entstünden: Häufig seien schwere Geräte im Einsatz, fließe viel Beton in den Boden, werde Grundwasser abgepumpt oder kontaminiert sowie Regenwasser am Versickern gehindert. Nachhaltigere Alternativen seien vorhanden und würden viel zu selten angewendet. „Beim Planen und Bauen muss hier ein Umdenken stattfinden“, mahnt Clara Schmidt-Rohlfing voller Tatendrang. — kh

Dieses tolle



Ding ...

... ist eine Eyetracking-Brille namens Tobii Pro Glasses 2.

... kann den Blickverlauf von Menschen erfassen.

Die Auswertungssoftware der Brille visualisiert anschließend die Blickverläufe in verschiedenen Formen.

... hilft Forschenden, die Wahrnehmung von Menschen durch die Augenbewegung in einer natürlichen Umgebung zu verstehen.

... gehört zum Lehr- und Forschungsgebiet von Prof. Ulrich Nikolaus an der Fakultät Informatik und Medien. Forschende der HTWK Leipzig können mit dem Eyetracker herausfinden, welche Informationen, Farben und Formen zuerst auffallen.

... kostete samt Auswertungssoftware knapp 27.000 Euro und wurde im Rahmen von HTWK-Invest finanziert.

Projektpartner und Förderungen

Viele der im Forschungsmagazin vorgestellten Projekte werden durch öffentliche Förderprogramme unterstützt. Die Durchführung der Projekte erfolgt sowohl an der HTWK Leipzig als auch am Forschungs- und Transferzentrum der Hochschule. Wir bedanken uns bei allen Fördergebern für die Unterstützung. Ebenso bedanken wir uns bei unseren zahlreichen beteiligten Partnern aus der Praxis für die gute Zusammenarbeit.

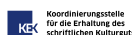
S. 10 (o.), 48 ff.



S. 10 (u.), 18 ff.: Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 317044652 und 436838558



S. 11 (u.)



S. 12 ff.: Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – Projektnummer 426510009, Der Wissenschaftsfonds (FWF)



S. 24 ff.:



Stadt Leipzig

S. 36 ff.:



EINE GEMEINSAME INITIATIVE VON



S. 43, S. 44 f.:



S. 47:



S. 52:



S. 52, S. 54 f., S. 56 (o.):



Diese Maßnahme wird mitfinanziert durch Steuermittel auf der Grundlage des vom Sächsischen Landtag beschlossenen Haushaltes.

Diese Ausgabe des Forschungsmagazins *Einblicke* wird aus Mitteln des Projekts Saxony⁵ finanziert, das im Rahmen des Bund-Länder-Programms Innovative Hochschule gefördert wird.



Impressum

Herausgeber

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Referat Forschung
Postfach 30 11 66 | 04251 Leipzig

Redaktion

Katrin Haase (kh) (verantwortlich),
Dr. Rebecca Schweier (rs) und Dirk Lippik
Telefon: +49 341 3076-6626
einblicke@htwk-leipzig.de

Redaktionsschluss

31. März 2023

Weitere Autorinnen und Autoren

Dr. Franziska Böhl (frb), Stephanie Börner (sb),
Susann Hannemann (sh), Dr. Enrico Ruge

Corporate Design

wenkerottke GmbH

Grafisches Konzept, Layout, Satz und Grafik

Aileen Burkhardt, punze typografie

Druck

Oeding Print GmbH, Erzberg 45, 38126 Braunschweig
Gedruckt auf 100 % Altpapier, FSC®-zertifiziert



XQ4

www.blauer-engel.de/uz195



RECYCLED
Papier aus
Recyclingmaterial
FSC® C118370

Auflage

3.000

ISSN

Print: 2194-4067, Online: 2195-9420

Bildnachweise

Titelfoto: Stephan Flad • S. 2, 35 (l.), 42, 46, 49: Swen Reichhold • S. 3, 52: Kirsten Nijhof • S. 10 (o.): Christian Hoyer • S. 11 (o.): Gábor Árvai • S. 11 (u.): Christian Weickhardt • S. 14: Wikipedia, Creative-Commons-Lizenz, Andrija12345678 • S. 15: Screenshot unveröffentlichte Datenbank am 15.3.2023 • S. 16: Österreichische Akademie der Wissenschaften • S. 17 (o.): Lukas Neugebauer • S. 17 (u.), 35 (r.): Philipp Bamberg • S. 20, 22: Ilka Viehmann • S. 21: Marco Rossini • S. 23, 38: Stephan Flad • S. 26, 29: Archiv Ruge-Hochmuth • S. 27: Stadtgeschichtliches Museum Leipzig • S. 28 (l.): Stadtarchiv Leipzig • S. 28 (r.): Chronik der STIGA 1899, Archiv Ruge-Hochmuth • S. 30 (o.): alexleipzig, Adobe Stock • S. 30 (u.): Paul Fischer • S. 31 (o.): Susann Hommel • S. 31 (u.): Luca Migliore (Kunstkraftwerk) • S. 32: Christian Kortüm • S. 33 (o.): Felix Schmidt-Kleespies • S. 33 (u.): Lars Hoffmann • S. 34 (l.): Klaus Ranger • S. 34 (r.): Helge Krückeberg • S. 39: Tom Schulze • S. 40 (m.): André Künzelmann (UFZ) • S. 40 (o.), 40 (u.), 41 (o.): Robert Weinhold • S. 41 (u.): Andreas Schröder • S. 41 (r.): Dr. Simon Mark Hamblin • S. 43: Birk Poßbecker • S. 44: Sebastian Schmidt (Soulscapes Pictures) • S. 45: Guido Werner (GWP) • S. 47: Dr. Rebecca Schweier • S. 50: Maximilian Johnson • S. 51: Karsten Rink (UFZ) • S. 53: Peter Eichler • S. 54: Dr. Franziska Böhl • S. 56: Tunatura, Adobe Stock • S. 57, 58: Omid Arabbay

