

Wissen und Innovationen
aus niedersächsischen
Hochschulen

3 | 2020

Technologie-Informationen



Krisen – Risiken – Chancen

Covid-19

Wie behalten wir
die Kontrolle?

→ Seite 9

Medizinprodukte

Chancen und Risiken aus
juristischer Sicht

→ Seite 12

Industrie 4.0

Die selbstüber-
wachende Anlage

→ Seite 19

Verkehrssicherheit

Digitale Instandhaltung
für Brücken

→ Seite 23



Niedersachsen

Inhalt

Technologie-Informationen 3 | 2020
Krisen – Risiken – Chancen

- 3 Aktuelles
- 4 Corona – Antikörper-Therapie und Diagnostik
- 6 Innovative Schutzmasken – mehr Sicherheit und Tragekomfort
- 7 Corona – Infektionsketten schneller nachverfolgen
- 8 Interventionsmodell für Pandemien
- 9 Covid-19: Wie behalten wir die Kontrolle?
- 10 Forschungserkenntnisse – alles auf einen Blick
- 11 Diagnose von Hautkrebs – Haut-Scanner ersetzt Skalpell
- 12 Medizinprodukte – Chancen und Risiken aus juristischer Sicht
- 14 Unternehmensstrategien – Wege aus der Krise
- 15 Echte Nachhaltigkeit erfordert breitere Systemperspektive
- 16 Grundwasser schützen – Gülle und Gärreste aufarbeiten
- 17 Bedarfsgerechte Entwässerung schützt die Umwelt
- 18 Wasserverteilungsnetze – Schadstoffquellen auf der Spur
- 19 Industrie 4.0 – die selbstüberwachende Anlage
- 20 Mobil sein auf dem Land
- 21 Digitale Werkzeuge für effizientes Bauen
- 22 Besser bauen in der Stadt
- 22 Schadenserkennung mittels Thermografie an Flugzeugen
- 23 Digitale Instandhaltung für Brücken
- 24 Energieversorgung und Klimaschutz mit Wasserstoff
- 25 Fernwärmenetz – Lecks effektiver lokalisieren
- 26 Ein neues Marktdesign für die Energiewende

Die Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen erleichtern insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen sowie öffentlichen Einrichtungen den Zugang zu Forschung und Entwicklung. Bei Fragen oder Kontaktwünschen wenden Sie sich bitte an die Transferstelle in Ihrer Region. Ihre Ansprechpersonen finden Sie auf der vorletzten Seite der Technologie-Informationen.



Liebe Leserinnen und Leser,

Globalisierung und Vernetzung haben die Fortschritte in Wissenschaft, Technik und Gesellschaft enorm beschleunigt. Diese Entwicklung basiert einerseits auf der schnell anwachsenden Komplexität unserer technischen Systeme und andererseits treiben die steigenden Anforderungen diesen Prozess immer schneller voran. Dabei verschmelzen Systeme über Disziplinengrenzen hinweg; beispielsweise sind soziale Netzwerke, Kommunikationssysteme, Lieferketten, Infrastruktur- und Transportnetze sowie Ver- und Entsorgungssysteme immer stärker voneinander abhängig.

Die wachsende Komplexität bietet ungeahnte Chancen, vollkommen neue Methoden und Technologien zu entwickeln, indem zielgerichtet Mechanismen in den komplexen Systemen genutzt werden. Andererseits wächst die Vielfalt an unbekannten Mechanismen, die Risiken treiben und sogar Krisen auslösen können, zum Beispiel durch kaskadierende Versagensketten oder durch die weltweite Ausbreitung von Viren. Solche Erfahrungen bieten aber auch wieder neue Ansätze und Chancen, um unsere Systeme zuverlässiger, robuster und resilienter gegenüber Störungen zu gestalten.

Die vorliegende Ausgabe der Technologie-Informationen bietet Einblicke in dieses Wechselspiel zwischen Krisen, Risiken und Chancen und stellt zukunftsorientierte Lösungsansätze vor.



Prof. Dr.-Ing. Michael Beer
Institut für Risiko und Zuverlässigkeit
Leibniz Universität Hannover

Aktuelles



Für das neuartige Management biomedizinischer Daten hat die Informatikerin Prof. Maria-Esther Vidal aus Hannover den Wissenschaftspreis des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft erhalten.

Therapievorschläge aus biomedizinischen Daten

Wissenschaftspreis für Maria-Esther Vidal

Das Management großer Mengen von Forschungsdaten ist eine zentrale Herausforderung für die Wissenschaft. Prof. Maria-Esther Vidal hat für ihre Arbeiten zum wissenschaftlichen Datenmanagement im November 2020 den Wissenschaftspreis des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft „Forschung in Verantwortung“ erhalten. Die Informatikerin leitet die Forschungsgruppe Scientific Data Management an der TIB – Leibniz-Informationszentrum für Technik und Naturwissenschaften.

In der Wissenschaft müssen Daten aus unterschiedlichen Quellen aufbereitet, zusammengeführt und nutzbar gemacht werden, um aus ihrer Kombination neue Erkenntnisse zu gewinnen. Maria-Esther Vidal erforscht, wie sich Datenbankabfragen optimieren, Daten durch Wissensgraphen erschließen, Webdaten strukturieren und Big Data analysieren lassen. Sie arbeitet intensiv an der Analyse großer Datenmengen, um so bisher nicht erkennbare Muster zu finden und Zusammenhänge zu entdecken.

Die Ergebnisse ihrer Arbeit ermöglichen eine personalisierte, auf einzelne Patientinnen und Patienten ausgerichtete Therapie. Anwendungsbeispiele sind Algorithmen, die Auswirkungen von Medikamenten-Wechselwirkungen auf die Behandlungseffektivität bei Lungenkrebs aufdecken, sowie Machine-Learning-Modelle zur Vorhersage des Risikos, an Demenz zu erkranken.

- TIB – Leibniz-Informationszentrum für Technik und Naturwissenschaften
- Prof. Dr. Maria-Esther Vidal
- maria.vidal@tib.eu
- <https://tib.eu/sdm>

Schnellster Hochleistungsrechner für künstliche Intelligenz

Anwendungen für Industrie 4.0

Umweltfreundlich, effizient und leistungsstark: Am L3S der Leibniz Universität Hannover ist der zurzeit schnellste Hochleistungsrechner für künstliche Intelligenz (KI) an den Start gegangen. Europaweit gehört das Forschungszentrum zu den ersten Anwendern des Nvidia DGX-A100. Der neue Rechner ermöglicht mit fünf PetaFLOPS, also fünf Milliarden Rechenoperationen pro Sekunde, die zurzeit schnellste Bearbeitung im Bereich des maschinellen Lernens. Dabei verbraucht er rund 75 Prozent weniger Strom als sein Vorgänger.

Das Gerät soll insbesondere in dem interdisziplinären Forschungsvorhaben IIP-Ecosphere eingesetzt werden. Das Projekt vernetzt Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft zu einem digitalen Ökosystem der intelligenten Produktion mit dem Ziel, den Einsatz von KI in der Produktion zu beschleunigen und zu optimieren (siehe ti 1 / 2020). Die dafür erforderlichen Modelle des maschinellen Lernens – insbesondere des Deep Learning – benötigen für das Training sehr umfangreiche Datensätze, einen entsprechend großen Speicher sowie zahlreiche Grafikprozessoren mit einer extrem schnellen Verbindung untereinander.

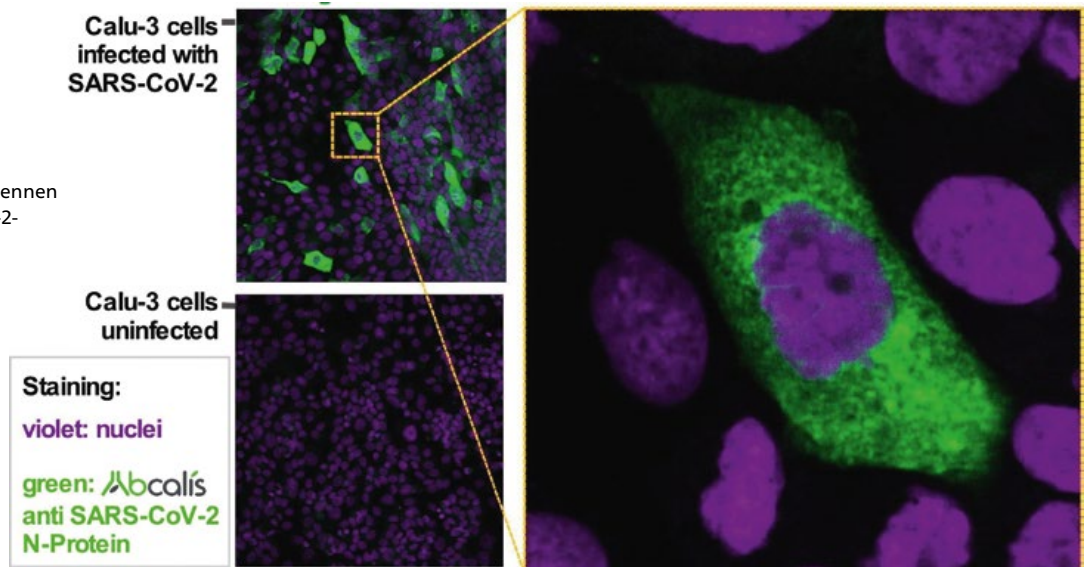
Neben den Projektpartnern können auch kleinere Unternehmen mit Unterstützung des L3S KI-Ansätze erproben, ohne direkt in die Infrastruktur investieren zu müssen. Zudem verfügt das L3S über einen neuen GPU-gestützten Server mit einem Gesamtspeicher von einem halben Terabyte und damit über die notwendige Leistungsfähigkeit, um ein schnelleres Training der aktuellen KI-Modelle zu ermöglichen.

- Leibniz Universität Hannover
- Forschungszentrum L3S
- Dipl.-Ing. Dimitar Mitev
- mitev@L3S.de
- www.L3S.de



Der Hochleistungsrechner DGX-A100 am L3S ermöglicht die zurzeit schnellste Bearbeitung im Bereich des maschinellen Lernens. Er verbraucht nur noch ein Viertel der Stromleistung des Vorgängers.

Mikroskopische Aufnahme von Zellen, von denen einige mit dem Corona-Virus infiziert sind. Die Antikörper (grün) erkennen Baumaterial für das SARS-CoV-2-Virus innerhalb einer Zelle und können so eine Infektion identifizieren. Violett markiert sind die Zellkerne.



Corona – Antikörper-Therapie und Diagnostik

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Braunschweig forschen an neutralisierenden Antikörpern gegen das Corona-Virus. Sie haben zahlreiche vielversprechende Antikörper gefunden und testen mit Kooperationspartnern den besten Entwicklungskandidaten als Medikament gegen COVID-19. Der Antikörper schützt die Lunge vor der Infektion.

Gegen das neuartige Corona-Virus SARS-CoV-2 hat das Immunsystem vieler Menschen noch keine Antikörper entwickelt. Biotechnologisch, also im Labor, hergestellte menschliche Antikörper können zur Therapie von COVID-19-Patienten eingesetzt werden. Oder sie liefern als passive Immunisierung, zum Beispiel bei Risikogruppen, einen prophylaktischen Schutz vor einer Infektion, bis das Immunsystem eigene Antikörper produziert hat. Das Institut für Biochemie, Biotechnologie und Bioinformatik der Technischen Universität (TU) Braunschweig sowie dessen Ausgründung YUMAB GmbH haben in ihren Genbibliotheken zahlreiche Antikörper gefunden, die effektiv gegen SARS-CoV-2 wirken. Falls der ausgewählte beste Antikörper COR-101 in den klinischen Studien genauso gut funktioniert wie im Tiermodell, kann er schwere Krankheitsverläufe verhindern.

Antikörper-Medikament gegen COVID-19

Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen aktuell im Corona Antibody Team (CORAT) an dem Antikörper-Medikament COR-101 gegen COVID-19. Dabei arbeiten sie eng mit dem Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI), dem Fraunhofer-Institut für Toxikologie und Experimentelle Medizin (ITEM), zahlreichen Forschenden und Institutionen aus Niedersachsen und ganz Deutschland sowie mit industriellen Partnern zusammen. „Wir haben in kürzester Zeit einen Medikamentenkandidaten entwickelt und hoffen, Anfang 2021 mit den klinischen Studien beginnen zu können.

Das war nur durch den außergewöhnlichen Einsatz und die hervorragende Zusammenarbeit aller Beteiligten möglich“, sagt Prof. Michael Hust von der TU Braunschweig.

Schutz vor Infektion

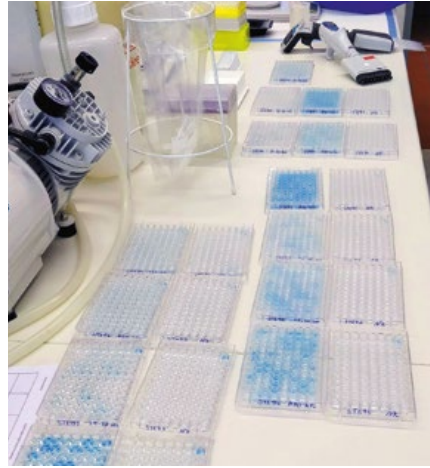
„In der Öffentlichkeit liegt der Fokus derzeit auf den Impfstoffen als Vorsorge gegen eine COVID-19-Erkrankung. Daneben sind aber auch Medikamente für die Behandlung von akut an COVID-19 Erkrankte notwendig“, ergänzt sein Kollege, Prof. Stefan Dübel. „Virusneutralisierende Antikörper könnten außerdem Risikogruppen oder exponiertes Medizinpersonal für Wochen, vielleicht sogar Monate vor Infektionen schützen.“ Die wissenschaftliche Kooperation führte zur Gründung der CORAT Therapeutics GmbH, die die weitere Entwicklung bündelt und sie mit Unterstützung des Landes Niedersachsen und in enger Absprache mit den Zulassungsbehörden vorantreibt.

Antikörper ohne Tierversuche gewinnen

Darüber hinaus sind Antikörper Schlüsselsubstanzen in unzähligen Diagnostiktests und Analysemethoden – von der Lebensmitteluntersuchung über Schwangerschafts-Teststreifen bis zum Nachweis von Viren. Aktuell werden dafür meistens Antikörper aus Tierblutprodukten verwendet. Eine Alternative dazu bietet das Start-up Abcalis, ebenfalls eine Ausgründung des Instituts für Biochemie, Biotechnologie



Das Start-up Abcalis GmbH entwickelt in Braunschweig Schnelltests für die SARS-CoV-2-Diagnose.



Die ersten Braunschweiger SARS-CoV-2-Antikörper auf dem Labortisch: Jeder blaue Punkt der über tausend getesteten Antikörperklone in diesen Versuchsplatten ist ein möglicher Kandidat für ein Antikörpermedikament. Die Farbe entsteht nur bei einer erfolgreichen Bindung an ein Oberflächenmerkmal der Corona-Viren.



Dieses kleine Röhrchen enthält eine Antikörper-Gendatenbank mit rund 10 Milliarden Antikörper-Bauplänen.

und Bioinformatik: Sie stellen Antikörper in vitro, also im Reagenzglas, ohne Tierversuche biotechnologisch her. Diese Antikörper sind im Gegensatz zu den Tierblutprodukten erstmals vollständig in ihrer Zusammensetzung bekannt. Die dabei eingesetzte Methode wurde von Stefan Dübel miterfunden (siehe auch ti 1 / 2019).

Infektionsschutz mit Schnelltests

„Unsere Antikörper können in Zukunft Antikörper aus Tierblutprodukten komplett ersetzen. Zudem bieten sie den Vorteil, dass sie in gleichbleibender Qualität und Beschaffenheit unbegrenzt hergestellt werden können“, hebt Stefan Dübel einen Vorteil insbesondere für zertifizierte Diagnostikprodukte hervor. Im Fall von SARS-CoV-2 beteiligt sich das Team mit Antikörpern zur direkten Erkennung der verschiedenen Coronavirus-Proteine. „Dank unserer Antikörperherstellung im Reagenzglas konnten wir sehr schnell Antikörper für die SARS-CoV-2-Schnelltests entwickeln“, stellt der Biotechnologe fest.

Ausgezeichnet mit Wissenschaftspreisen

Das Corona Antibody Team der Technischen Universität Braunschweig und die YUMAB GmbH erhielten im September 2020 den Innovationspreis Niedersachsen in der Kategorie „Kooperation“. Das Start-up Abcalis gewann den Innovationspreis in der Kategorie „Wirtschaft“. Im Dezember wurden die

CORAT Therapeutics und die Abcalis jeweils in verschiedenen Kategorien mit dem Durchstarterpreis des Landes Niedersachsen ausgezeichnet. Michael Hust und Stefan Dübel führen diese Erfolge vor allem auf die Gemeinschaftsleistung zurück. „Ohne den wirklich außergewöhnlichen Einsatz unserer Promovierenden, wissenschaftlichen und technischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter wären wir noch nicht so weit gekommen“, begründet Stefan Dübel.

Praxis

Technische Universität Braunschweig Institut für Biochemie, Biotechnologie und Bioinformatik

- Prof. Dr. Stefan Dübel
- s.duebel@tu-braunschweig.de
- Prof. Dr. Michael Hust
- m.hust@tu-braunschweig.de
- www.tu-braunschweig.de/bbt/biotech/corat-corona-antibody-team
- www.abcalis.com
- www.yumab.com
- www.corat-therapeutics.com



Die Wissenschaftlerin prüft die Filterleistung von Vliesstoffen mittels Natriumchlorid-Aerosolen.

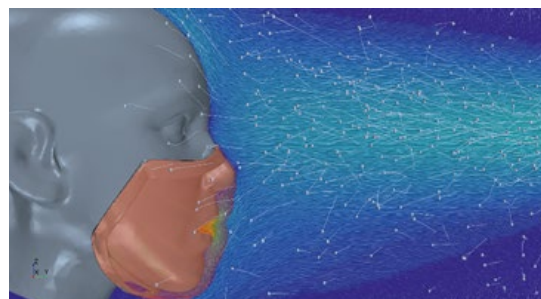
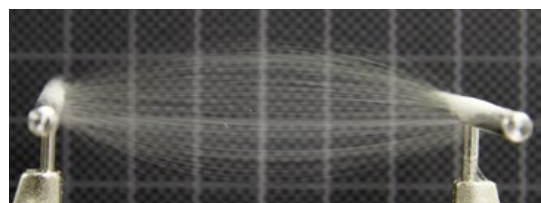


Abb. oben: Herstellung ultradünner polymerer Vliesstoffe mittels Gap-Elektrosponnen;
Abb. unten: Simulation des Aerosolstroms anhand eines Schutzmaskenmodells.

Innovative Schutzmasken – mehr Sicherheit und Tragekomfort

Das Tragen von Mund-Nasen-Masken ist in Pandemiezeiten Alltag geworden. Und jeder weiß: In den Schutzmasken schlummert noch viel Optimierungspotenzial. Forschende in Hannover entwickeln mit Kooperationspartnern innovative und transparente Materialien für mehr Schutz und Tragekomfort sowie neuartige Herstellungs- und Prüfverfahren.

Persönliche Schutzausrüstung hat mit Beginn der Corona-Pandemie einen ganz neuen Stellenwert in der Bevölkerung erreicht. Mund-Nasen-Masken schützen im Idealfall die Trägerinnen und Träger sowie andere Personen vor Erregern und weisen einen hohen Tragekomfort auf. Dabei sind die genauen Wirkzusammenhänge zwischen Materialeigenschaften, Herstellung und Filterleistung noch nicht vollumfänglich verstanden. Das erforscht das Institut für Mehrphasenprozesse (IMP) an der Leibniz Universität Hannover mit Kooperationspartnern.

Filterleistung und Atemwiderstand

Das Institut unterstützt zum Beispiel die Fiber-To-Go GmbH, die als regionaler Spezialist für Meltblown-Technologie seit Beginn der Pandemie intensiv in die Entwicklung von filtrierenden Vliesstoffen eingebunden ist. Die Forschenden prüfen die Vliesstoffe hinsichtlich Filtereffizienz gegenüber Aerosolen und bestimmen den Atemwiderstand. Gefördert durch die Region Hannover, arbeiten die Partner zudem daran, anwendungsorientierte Prüfverfahren für filtrierende Vliesstoffe zu etablieren.

Transparente Stoffe vereinfachen Mimik

Gemeinsam mit dem Institut für kardiovaskuläre Computer-assistierte Medizin der Charité Berlin forscht das IMP an einem neuartigen Herstellungsverfahren von aktiven filtrierenden Vliesstoffen. Diese halten Erreger nicht nur mechanisch zurück, sondern töten sie aktiv ab. Zum Beispiel werden Erregerhüllen ab einer gewissen elektrostatischen Ladung

zerstört. Zudem sollen die innovativen Vliesstoffe extrem dünn und transparent sein und somit die soziale Interaktion zwischen Fachpersonal und Patienten über Mimik und Lippenlesen erheblich vereinfachen. Für die Transparenz und gleichzeitige hohe Filterleistung kombiniert das Forschungsteam die Verarbeitung bioabbaubarer Polymere (Elektrosponnen) mit numerischen Verfahren.

Nachhaltige Filterwirkung

Wie sich häufige Reinigungsverfahren auf die Eigenschaften von Mund-Nasen-Masken auswirken, untersuchen die Forschenden mit der Tutelo UG. Die Partner wollen komfortable Alltagsmasken mit einer idealen Passform und der effektiven Filterwirkung filtrierender Halbmasken kombinieren. Durch Visualisierung der Atemströme werden die Durchlässigkeit der Maske und damit potenzielle Infektionsrisiken quantifiziert. Ein großer Vorteil liegt in der Nachhaltigkeit dieser Lösung, da sämtliche Materialien umfangreiche Reinigungszyklen überstehen und trotzdem ihre Schutzwirkung beibehalten.

Technologieangebot

Leibniz Universität Hannover Institut für Mehrphasenprozesse (IMP)

- Dr.-Ing. Marc Müller
- Telefon 0511 762-3639
- mueller@imp.uni-hannover.de
- www.imp.uni-hannover.de

Corona – Infektionsketten schneller nachverfolgen

Wo waren Sie in den vergangenen Tagen und wen haben Sie alles getroffen? Das Identifizieren der Kontaktpersonen ist für COVID-19-Infizierte häufig schwierig und für die Gesundheitsämter extrem personal- und zeitaufwändig. An der Medizinischen Hochschule Hannover hat ein Team aus Medizinerinnen und IT-Experten ein visuelles, kartenbasiertes Dokumentationssystem entwickelt, um Kontakte während einer Virus-Pandemie schnell und intuitiv zu erfassen.

Kontaktpersonen nachzuverfolgen ist in Zeiten der Corona-Pandemie eine wesentliche Strategie, um Infektionsketten zu unterbrechen und die unkontrollierte Ausbreitung von SARS-CoV-2 zu verhindern. Das ist Aufgabe der Gesundheitsämter, die bei hohen Infektionszahlen jedoch schnell an ihre Kapazitätsgrenzen stoßen. Die telefonische Befragung von Erkrankten nach möglichen Kontaktpersonen und Aufenthaltsorten ist personell sehr aufwändig. Erinnerungslücken und Zeitdruck erschweren zusätzlich eine detaillierte Erhebung. Die Anwendung KADOIN soll Betroffene und Mitarbeiter der Gesundheitsämter bei der Kontaktnachverfolgung digital unterstützen.

Navigation zu Aufenthaltsorten

KADOIN, die kartenbasierte Dokumentation von Indexpatienten, ist an der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) im Team von Dr. Gernot Beutel mit dem Geodaten-Experten Jens Wille und seiner Firma Ubilabs entwickelt und vom Bundesministerium für Gesundheit (BMG) gefördert worden. „Ähnlich einer modernen Navigationssoftware führt das System die Betroffenen an ihre letzten Aufenthaltsorte, die entweder manuell eingegeben oder aus einem Smartphone ausgelesen werden“, erklärt der Mediziner. „Anhand von Ortsangaben können sich Betroffene leichter an konkrete Situationen und die damit verbundenen Kontaktpersonen erinnern und diese selbstständig dokumentieren.“

Kein Fremdzugriff auf Daten möglich

In der Praxis wird die Anwendung von den Gesundheitsämtern zur Verfügung gestellt. Der eigentliche Einsatz erfolgt jedoch ausschließlich lokal auf dem Endgerät der

Nutzerinnen und Nutzer. „Da die Daten nicht auf zentralen Servern oder in einer Cloud gespeichert werden, ist ein unbefugter Zugriff durch Behörden nicht möglich“, betont Gernot Beutel. „Erst wenn die Nutzer ihre erfassten Informationen aktiv freigeben, werden die Kontaktlisten an das zuständige Gesundheitsamt übermittelt.“ Für die datenschutzrechtlichen Aspekte wurde seitens des BMG der Bundesbeauftragte für den Datenschutz und die Informationsfreiheit (BfDI) beratend hinzugezogen.

Erprobung und Weiterentwicklung

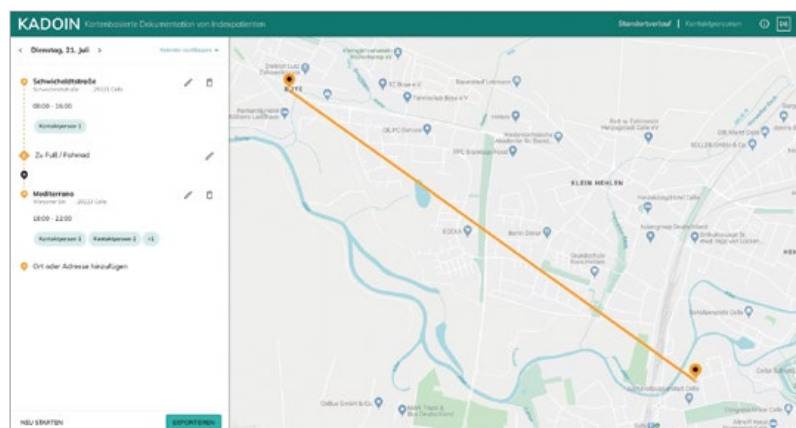
Seit November 2020 wird die Software an der MHH evaluiert und von Studierenden und Interessierten erprobt. Zudem untersuchen die Forscher, ob ein szenisches Gedächtnisprotokoll die Datenqualität in der Kontaktnachverfolgung verbessert. In weiteren Schritten wird KADOIN auf die Bedürfnisse der Gesundheitsämter abgestimmt und in unterschiedlichen Sprachen zur Verfügung gestellt.

Praxis

Medizinische Hochschule Hannover (MHH) Klinik für Hämatologie, Hämostaseologie, Onkologie und Stammzelltransplantation

- Dr. Gernot Beutel
- Telefon 0511 532-3020
- beutel.gernot@mh-hannover.de
- www.mhh.de/haematologie
- www.kadoin.net (im Aufbau)

Jens Wille von Ubilabs (von links), Dr. Gernot Beutel und Dennis Medefind von der MHH stellen die Kontaktnachverfolgung bei Corona-Infektionen mit KADOIN vor.



Karten oder das eigene Bewegungsprofil im Smartphone helfen Pandemie-Betroffenen dabei, sich intuitiver an alle Aufenthaltsorte und Kontaktpersonen zu erinnern.

$$\frac{d}{dt} V(t) = f(V(t), R(t), IT(t), t)$$

Interventionsmodell für Pandemien

Mit Hilfe eines mathematischen Modells lassen sich Effekte der Corona-Pandemie und der Interventionen systemübergreifend analysieren.

Wie lässt sich in Krisenzeiten die Rationalität bei der Auswahl von Interventionsmaßnahmen verbessern? Anlässlich der Corona-Pandemie erarbeiten derzeit ein Mediziner, ein Ökonom und ein Mathematiker in einem Kooperationsprojekt ein Interventionsmodell. Es soll die Grundlagen für politische, ökonomische, gesellschaftliche sowie individuelle Entscheidungen liefern.

Ursache und Wirkung sind für die Bevölkerung in Krisenzeiten nicht immer leicht auseinanderzuhalten. Ein mathematisches Modell analysiert die Auswirkungen der Covid-19-Erkrankungen, der durchgeführten Interventionen und der politischen Entscheidungen. Mit mathematischen Strukturen werden die medizinischen und ökonomischen Beobachtungen abgebildet und modelliert. „Dies legt die Ursache-Wirkungszusammenhänge sowohl auf gesellschaftlicher als auch auf individueller Ebene offen, woraufhin sich zielorientierte Entscheidungen formulieren lassen“, erklärt Prof. Thomas Wick von der Leibniz Universität Hannover.

Gemeinsam mit Prof. Yskert von Kodolitsch vom Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf sowie Prof. Carl Rudolf Blankart von der Universität Bern erstellt Thomas Wick ein neues Modell. Es verknüpft dabei Konzepte der Epidemiologie, der Resilienzforschung und der strategischen Entscheidungsfindung. Eine Hauptaufgabe bei der Modellerstellung ist es, Einflussfaktoren und deren Parametrisierungen zu spezifizieren. Als Beispiel nennt Thomas Wick die zeitliche Entwicklung der ökonomischen und sozialen Resilienz in Abhängigkeit der infizierten Personen. „Scheinbar stabile Systeme können einen Kippunkt passieren und dann sehr plötzlich kollabieren“, veranschaulicht der Mathematiker. „Mathematisch sind dies sogenannte Nichtlinearitäten.“

Mit Hilfe des grundlegenden Rahmenwerks lassen sich Effekte der Pandemie und der Interventionen systemübergreifend darstellen und diskutieren: Bleiben das öffentliche, private und berufliche Leben ohne Lockdown-Maßnahmen oder Kontaktsperren erhalten (blaue Kurven, siehe Abbildung), führt das zu einer Überlastung des Gesundheitssystems und letztlich zu dessen Kollaps. In diesem Szenario ist die Wirtschaft weniger stark betroffen. Mit Lockdown-Maßnahmen (rote Kurven) werden die Kapazitäten des Gesundheitssystems entlastet und ein Zusammenbruch wird vermieden. Hingegen ist die Wirtschaft stark betroffen und kollabiert.

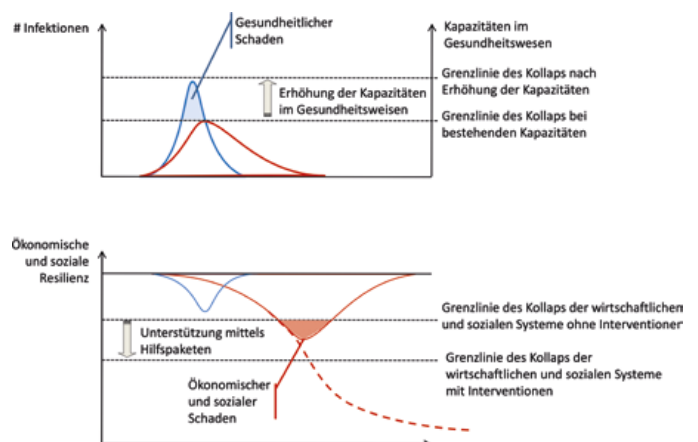
Eine Interventionsstrategie hat zum Ziel, die Grenzlinie des Kollapses zu verschieben. Mathematisch markiert sie damit

einen Wendepunkt und ermöglicht so einen wirtschaftlich-sozialen Aufschwung. „Ein Einbruch im Gesundheitswesen oder im wirtschaftlich-sozialen Bereich lässt sich vermeiden, indem beispielsweise die Anzahl der Intensivbetten und des Personals im Gesundheitssektor erhöht wird“, führt Thomas Wick aus. „Im wirtschaftlich-sozialen Bereich können Stützungsmaßnahmen wie Kurzarbeit oder Überbrückungsgelder einen Zusammenbruch verhindern.“ Das Modell und der interdisziplinäre Ansatz bieten die Chance, auch bei der nächsten Pandemie strukturiert vorgehen zu können.

Forschung

Leibniz Universität Hannover Institut für Angewandte Mathematik

→ Prof. Dr. Thomas Wick
→ thomas.wick@ifam.uni-hannover.de
→ www.ifam.uni-hannover.de/wick



Die Grafik stellt die ökonomische und soziale Resilienz in Abhängigkeit der infizierten Personen dar. Die blauen Kurven zeigen die Entwicklung ohne Lockdown-Maßnahmen, die roten Kurven mit. Ziel ist es, die Grenzlinie des Kollapses durch Interventionsmaßnahmen zu verschieben, um den Kollaps des Gesundheitssystems und der Wirtschaft zu verhindern.

Covid-19: Wie behalten wir die Kontrolle?

Die Covid-19-Epidemie lässt sich nur mit einem Bündel konzentrierter Maßnahmen eindämmen. Zu diesem Ergebnis kommen das Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation sowie die Universität in Göttingen. Die Forschenden haben Bedingungen abgesteckt, unter denen die Zahl der Covid-19-Erkrankten in Deutschland weiterhin unter Kontrolle bleibt.

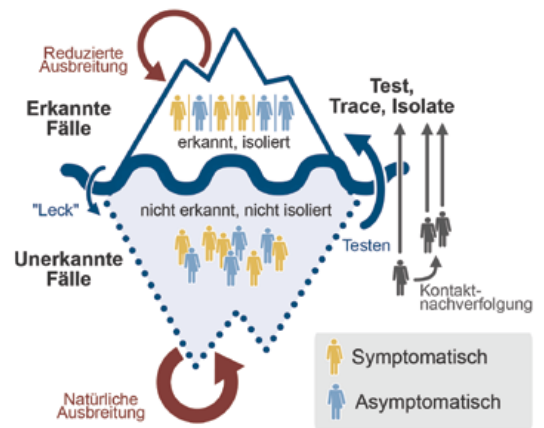
Beim Eindämmen der Covid-19-Epidemie kommt es auf uns alle an, auf die Gesundheitsämter aber ganz besonders. Die Kontaktnachverfolgung und das Testen von Verdachtsfällen trägt wesentlich dazu bei, die Reproduktionszahl R , also die Zahl der Menschen, die Träger des Virus im Schnitt anstecken, unter 1 zu drücken. Jenseits dieses Kippunktes breitet sich Sars-CoV-2 exponentiell, also sehr schnell unkontrollierbar aus.

Belastungsgrenze der Gesundheitsämter

Wie effektiv die Gesundheitsämter die Reproduktionszahl in der Praxis senken können, ermittelt ein Team um Dr. Viola Priesemann vom Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen mit Modellen der theoretischen Epidemiologie. So haben die Forscherinnen und Forscher nachgewiesen, dass die Belastungsgrenze der Gesundheitsämter einen zweiten wichtigen Kippunkt darstellt, an dem die Epidemie außer Kontrolle geraten kann. „Je mehr Kontakte den Gesundheitsämtern entgehen, weil sie überlastet sind, desto höher steigt die Infektionsrate, und eine Eindämmung wird immer schwieriger“, sagt Viola Priesemann.

Unentdeckte Virusüberträger

Den Erreger verbreiten vor allem die Träger, die ihren aktuellen Infektionsstatus nicht kennen: Sie haben keine oder unspezifische Symptome und wurden noch nicht getestet. „Die Ergebnisse unserer Modellrechnungen stimmen sehr



Das Modell der Göttinger Forschenden zeigt, dass sich das Virus stark ausbreitet, solange Träger nicht erkannt und isoliert sind (breiter roter Pfeil). Durch Testen und Kontaktnachverfolgung (englisch Test, Trace, Isolate) breitet sich das Virus deutlich abgeschwächt aus (dünner roter Pfeil).

gut mit den beobachteten Entwicklungen überein“, stellt Viola Priesemann fest. Unter anderem prognostizierten die Computermodelle die zweite Welle der Epidemie in Deutschland sowie die gestiegenen Sterberaten. „Viele Landkreise haben einen Kippunkt im Infektionsgeschehen überschritten“, führt die Physikerin weiter aus.

Maßnahmen effektiv verbessern

Die Rechenergebnisse und der Pandemieverlauf belegen, wie wichtig es ist, die AHA-Regeln – Abstand, Hygiene und Alltagsmasken – gewissenhaft einzuhalten und physische Kontakte einzuschränken. Um die Kontrolle über das Infektionsgeschehen wiederzuerlangen, müssten die Fallzahlen eventuell auch mit einem Lockdown unverzüglich gesenkt werden. „Besonders effektiv ist es, wenn wir an möglichst vielen Stellen jeweils ein bisschen besser werden: effektivere Gesundheitsämter, konsequentere Quarantäne, weniger Kontakte“, erklärt Viola Priesemann. Schließlich helfen konsequent niedrige Fallzahlen allen: der Gesundheit, der Gesellschaft und der Wirtschaft.

Forschung

Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation, Göttingen

- Dr. Viola Priesemann
- viola.priesemann@ds.mpg.de
- www.viola-priesemann.de/covid-en/

Hinlänglich bekannt, aber nicht immer konsequent umgesetzt: Abstandhalten und Masken für den Mund-Nasen-Schutz helfen.



Forschungserkenntnisse – alles auf einen Blick

Wissenschaftliche Kommunikation neu gedacht: Wissenschaftliche Erkenntnisse sollten Forschenden leicht und schnell zur Verfügung stehen – nicht zuletzt in Pandemiezeiten. Die Technische Informationsbibliothek (TIB) und das Forschungszentrum L3S der Leibniz Universität Hannover wollen Wissen effizienter organisieren. Mit dem Open Research Knowledge Graph (<https://orkg.org>) stellt das Forschungsteam Informationen aus der wissenschaftlichen Literatur strukturiert und maschinell verwertbar dar.

Forschende wie Gottfried Wilhelm Leibniz konnten noch die gesamte wissenschaftliche Literatur lesen, die bis 1700 verfasst worden war. Heute werden jedes Jahr rund 2,5 Millionen neue Forschungsbeiträge geschrieben – überwiegend dokumentenbasiert als PDF. Das macht die Artikelrecherche selbst in einem begrenzten Wissensgebiet extrem zeitaufwändig. Die TIB und das Forschungszentrum L3S denken die wissenschaftliche Kommunikation neu. Als Alternative zu statischen PDF-Artikeln arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an einem dynamischen Wissensgraphen – dem Open Research Knowledge Graph (ORKG).

Wie gefährlich ist SARS-CoV-2?

Der Wissensgraph vernetzt Medien unterschiedlichster Form – Texte, Bilder, Videos, 3D-Modelle und vieles mehr. Auf diese Weise stellt er verschiedene Forschungsideen, -ansätze, -methoden und -ergebnisse maschinenlesbar dar. Forschende haben durch diese Methode einen leichteren Zugang zum Stand der Wissenschaft in einem bestimmten Feld. Das lässt sich an der Forschungsfrage veranschaulichen: Wie gefährlich ist SARS-CoV-2? Einen Hinweis gibt die Basisreproduktionszahl R_0 . Die Zahl bezieht sich auf die erwartete Anzahl von Menschen, die eine infizierte Person anstecken wird.

Informationen effizient organisieren

Diese Zahlen können sich aufgrund der Bevölkerungsdichte oder kultureller Unterschiede von Ort zu Ort unterscheiden und ändern sich ständig. Daher benötigen Forschende für eine verlässliche Auskunft darüber hinaus Ort, Zeitrahmen und Methoden der verschiedenen Studien sowie statistische

Daten (zum Beispiel Konfidenzintervalle). Beispielsweise liegen die R_0 -Zahlen für Masern bei 12 - 18, für Erkältungskrankheiten bei 2 - 3 und für SARS-CoV-2 bei 3,3 - 3,8 (im November 2020 in Deutschland, RKI). In Artikeln werden diese Informationen als natürlicher Text veröffentlicht, was die gezielte Extraktion durch Menschen oder Maschinen ziemlich schwierig macht.

Wissen maschinell verwerten

Der ORKG kann nun Literaturübersichten oder -vergleiche automatisch erstellen. Wenn neue Literatur etwa zur R_0 -Forschung veröffentlicht wird, ist es einfach, eine solche Übersicht zu erweitern und den aktuellen Wissensstand in vergleichbarer Weise widerzuspiegeln. Dank der maschinellen Verwertbarkeit sowohl der Daten als auch des Datenaustauschprotokolls (REST API) ist es sogar möglich, den ORKG und die Übersichten in die Datenanalyse einzubinden.

Technologieangebot

Leibniz Universität Hannover Forschungszentrum L3S

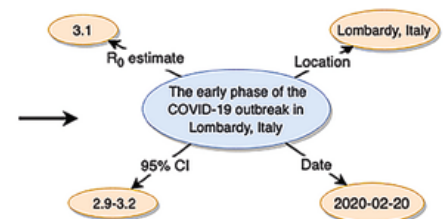
- Allard Oelen, M. Sc.
- oelen@L3S.de
- www.L3S.de/de/projects/sciencegraph

Technische Informationsbibliothek (TIB)

- Dr. Markus Stocker
- markus.stocker@tib.eu
- <https://orkg.org>
- projects.tib.eu/orkg/



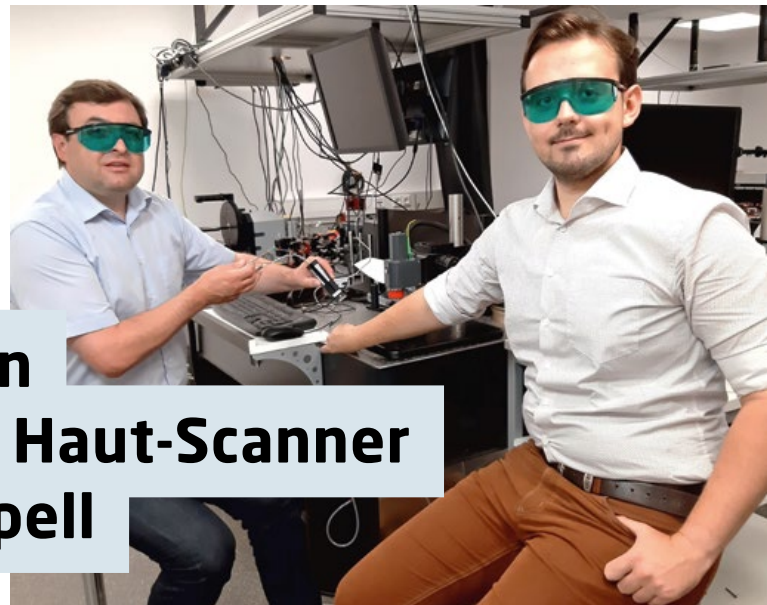
Paper title: The early phase of the COVID-19 outbreak in Lombardy, Italy
Results: We estimate the basic reproduction number at 3.1 (95% CI, 2.9 to 3.2) in Lombardy, Italy. This study took place on February 20, 2020...



Der ORKG-Wissensgraph (Open Research Knowledge Graph) übersetzt Informationen aus natürlichem Text in entsprechende maschinell verwertbare Repräsentationen.



Nahaufnahme einer Messsonde des optischen Systems, die für den klinischen Einsatz weiterentwickelt wird.



Diagnose von Hautkrebs – Haut-Scanner ersetzt Skalpell

Hautkrebs ohne Gewebeentnahme schnell und zuverlässig erkennen – das will ein Forschungsteam der Leibniz Universität Hannover und der Universitäts-Hautklinik Rostock mit einem innovativen bildgebenden Diagnosegerät erreichen. Der neue Hautscanner vereint drei optische Verfahren und arbeitet zudem mit künstlicher Intelligenz, wodurch die Diagnostik kontinuierlich verbessert werden kann.

Die Spezialbrillen schützen Prof. Bernhard Roth (links) und seinen Doktoranden Anatoly Fedorov Kukk vor der eingesetzten Laserstrahlung.

Weltweit erkranken immer mehr Menschen an schwarzem Hautkrebs (kutanes Melanom). Je später der Krebs erkannt wird, desto geringer sind die Heilungschancen. Eine eindeutige Diagnose ist derzeit nur nach einer chirurgischen Gewebeentnahme und Laboranalyse möglich. Damit künftig die Diagnose früher, sicherer, schneller und kostengünstiger erfolgen kann, arbeitet ein Team des Hannoverschen Zentrums für Optische Technologien HOT zusammen mit Medizinerinnen und Medizinern der Universität Rostock an einem neuen, nicht-invasiven Diagnoseverfahren.

Drei optische Verfahren kombiniert

Die Physikerinnen und Physiker aus Hannover entwickeln dabei die optische Biopsie. „Der geplante Haut-Scanner soll sowohl die Gut- oder Bösartigkeit eines Hautmals als auch die Eindringtiefe zuverlässig erkennen“, nennt Projektleiter Prof. Bernhard Roth als Ziel. Dafür werden drei optische Verfahren in einem Messsystem integriert, ohne dass sich die Signalgenerierung und Datenaufnahme gegenseitig beeinflussen. Die optische Kohärenztomografie gibt dabei Aufschluss über die Beschaffenheit dünnerer Hautmale. Im Vergleich zum Ultraschall verwendet sie Lichtwellen. Mit der Optoakustik erzeugt ein Laser eine Schallwelle im Gewebe, um dickere Hautmale zu analysieren.

Auswertung durch künstliche Intelligenz

Das dritte Verfahren, die Raman-Spektroskopie, nutzt die Streuung von Licht durch die Haut aus. Dadurch hinterlässt jedes Hautmerkmal einen „Fingerabdruck“, der seine Gut- oder Bösartigkeit zeigt. „Derzeit kann keine andere

Technologie eine nicht-invasive Diagnostik ermöglichen. Unser Ansatz ist daher eine echte Innovation“, sagt Bernhard Roth. Die Datenauswertung geschieht mittels Algorithmen des maschinellen Lernens. Die diagnostische Validierung und Erprobung im Klinikalltag erfolgt in der Universitätsmedizin Rostock.

Breites Einsatzfeld für Messgerät

Das Verfahren bietet gleich mehrere Vorteile: Die Hautmale werden durch das Auflegen des Messgerätes auf die Haut gescannt. Der Eingriff mit dem Skalpell entfällt ebenso wie die ungewisse Wartezeit auf das Laborergebnis, dadurch lassen sich zudem Kosten einsparen. „Das neue Gerät könnte auch für andere Hautkrankheiten eingesetzt werden und zu ganz neuen Ansätzen in der Therapiekontrolle führen“, stellt Bernhard Roth in Aussicht. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert die Erforschung der optischen Biopsie. Ein Anmeldeverfahren zur Patentierung ist bereits eingeleitet.

Technologieangebot

**Leibniz Universität Hannover
HOT – Hannoversches Zentrum für
Optische Technologien
Exzellenzcluster PhoenixD**

- Prof. Dr. Bernhard Roth
- bernhard.roth@hot.uni-hannover.de
- Anatoly Fedorov Kukk, M.Sc.
- anatoly.kukk@hot.uni-hannover.de
- www.hot.uni-hannover.de
- www.ezn.de

Studien, die Medizinprodukte an Probanden testen, müssen die Teilnehmerinnen und Teilnehmer umfassend über alle Chancen und Risiken aufklären.



Medizinprodukte – Chancen und Risiken aus juristischer Sicht

Werden Medizinprodukte an Menschen getestet, sind diese Studien aus juristischer Sicht besonders sorgfältig zu planen. Teilnehmende Personen gehen zugunsten des medizinischen Fortschritts ein vermeidbares Risiko für ihre Gesundheit und andere Rechte ein. Forschungsstudien zu adaptiver Robotik und künstlicher Intelligenz werfen zusätzliche rechtliche Fragen auf. Die Risiken und Chancen bei der Mobilisierung von Intensivpatienten untersuchen Forscherinnen und Forscher aus medizinischer, technischer, ethischer, pflegewissenschaftlicher und juristischer Perspektive in einem Kooperationsprojekt.

Pflegebedürftige Patienten auf der Intensivstation durch adaptive Robotik früh zu mobilisieren ist das Ziel des interdisziplinären Forschungsprojekts MobilPaR. Das Pflegebett „Vemo“ kann sich als Ganzes nahezu senkrecht aufrichten, wovon der sonst ausschließlich liegende Patient aus medizinischer Sicht enorm profitiert. Nachdem das klinische Personal einen Patienten gesichert hat, kann es sich hauptsächlich auf diesen konzentrieren und ist keinerlei belastenden körperlichen Anstrengungen ausgeliefert. Verfahren der künstlichen Intelligenz (KI) verbessern die Therapie zusätzlich. Bei dieser sogenannten verkörperten KI sind allerdings einige Risiken zu beachten.

Fachübergreifende Perspektiven

An dem Szenario forschen sechs Partner aus ihrem jeweiligen Blickwinkel, gefördert vom Bundesforschungsministerium. Der Hersteller Reactive Robotics stellt den „Vemo“ zur Verfügung und modifiziert das Produkt im Laufe des Projekts. Die

Technische Universität München programmiert die Funktionen der KI – das „Assist as Needed“. In der Schön Klinik Bad Aibling werden praktische Tests mit Probanden durchgeführt, um einen späteren Einsatz aus Anwenderperspektive und Nutzersicht zu optimieren. Partner der Technischen Hochschule Rosenheim fokussieren sich mit der Pflegewissenschaft besonders auf die Sicht der klinischen Anwender. Die evangelische Hochschule Ludwigsburg beleuchtet die Sicht der Patienten und ethische Herausforderungen. Die juristische Perspektive erforscht die Leibniz Universität Hannover.

Risiken bei Studienteilnahme

„Die Forschung an einem Medizinprodukt ist aus juristischer Sicht besonders sorgfältig zu planen, sobald hierfür menschliche Teilnehmerinnen und Teilnehmer erforderlich sind“, erläutert Projektmitarbeiterin Daniela Sprengel. „Jeder Proband geht mit der Teilnahme an einer Forschungsstudie ein vermeidbares Risiko ein.“ Die Anwendung des noch

unerforschten Medizinprodukts unmittelbar an seinem Körper birgt eine Verletzungsgefahr, deren Ausmaß noch nicht abschließend bekannt ist, führt die Juristin weiter aus. Zudem können besonders sensible personenbezogene Daten entstehen, aus deren Verwendung dem Probanden unter Umständen ein erheblicher Nachteil droht.

Chancen der medizinischen Forschung

Den Risiken stehen jedoch Chancen gegenüber. „Durch die Forschung können wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden, die potenziell zur Verbesserung der Gesundheit vieler Menschen beitragen“, betont Daniela Sprengel. „Im idealen Fall profitieren auch die Probanden unmittelbar von ihrer Studienteilnahme, was aber keinesfalls als regelmäßig möglich oder im Vorfeld gesichert gelten kann. Daher muss der Proband für einen ordnungsgemäßen Studienverlauf vor Beginn wirksam einwilligen.“ Hierzu bedarf es einer umfassenden Aufklärung über alle Chancen und Risiken; anschließend kann der Proband abwägen und freiwillig zustimmen.

Umfassende juristische Aufklärung notwendig

Gerade bei Studien mit verkörperter KI ist dieser Vorgang problematisch, weil es sich um ein relativ neues Forschungsfeld handelt. „Ein spezifischer Vorteil einer selbstlernenden KI kann sein, dass sie menschliche Entscheidungen ersetzt, die exakten Grundlagen und Kriterien hierfür aber schwer erklärbar sind“, gibt Daniela Sprengel zu bedenken. Auch die Erfassung, Speicherung und Verarbeitung der Daten kann schwer verständlich sein, weil insbesondere sowohl der Anwender als auch der Proband technische Laien sind. Eine exakte Aufklärung im Vorfeld wird dadurch erschwert oder ist eventuell sogar unmöglich.

Diese Anforderungen können gerade durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit bewältigt werden, wo jeder Partner seine Expertise vermittelt. Von den Juristen ist aus diesem Grund etwa ein praxisbezogener Leitfaden für Anwender und Nutzer erstellt worden, um die Forschung und den Einsatz des „Vemo“ zu erleichtern.

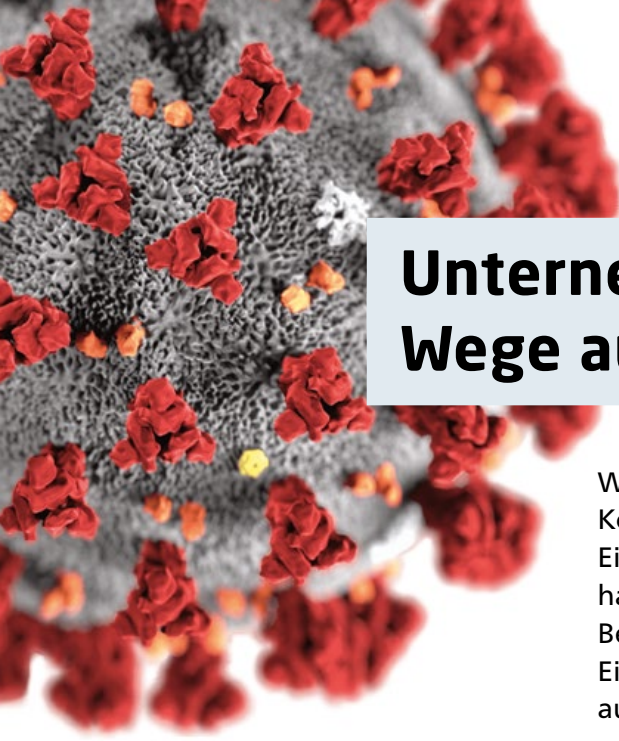
Forschung

**Leibniz Universität Hannover
Kriminalwissenschaftliches Institut
Lehrstuhl für Strafrecht, Strafprozessrecht,
Strafrechtsvergleichung und
Rechtsphilosophie**

- Ass. iur. Daniela Sprengel
- daniela.sprengel@jura.uni-hannover.de
- www.jura.uni-hannover.de/de/beck/forschung
- www.mobipar-projekt.de

Adaptive Robotik wie dieses Pflegebett kann das Pflegepersonal sowie Patientinnen und Patienten im Heilungsprozess unterstützen. Der Einsatz wird derzeit auch aus ethischer und juristischer Perspektive erforscht.





Unternehmensstrategien – Wege aus der Krise

Wie reagieren Unternehmen auf eine Krise?
Können sie von den Erfahrungen anderer lernen?
Ein Forschungsteam der Leuphana Universität Lüneburg hat eine Übersicht bisheriger Forschungsaktivitäten in Bezug auf Unternehmenskrisen erstellt. Das Fazit: Einsparungen sind die gängigste Strategie, doch es gibt auch weitere wirkungsvolle Optionen. Mit Startup-Zentren ergründen die Forschenden gemeinsam neue Lösungswege.

Unternehmen reagieren auf Krisen, wie wir sie aktuell mit der Corona-Pandemie erleben, am häufigsten mit Einsparungen: Sie reduzieren Produktionskosten, Vermögenswerte, Produktlinien oder Gemeinkosten. Für diese Analyse untersuchten die Lüneburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Forschungsergebnisse aus den Fachmagazinen der Strategic Management Society, die sich mit früheren Krisen wie dem Zusammenbruch der dot.com-Blase oder dem wirtschaftlichen Abschwung vom 11. September 2001 beschäftigten. Dabei stellten sie fest, dass sich eine langfristige Tragfähigkeit von Kürzungsmaßnahmen nicht einheitlich belegen lässt.

Verschiedene Handlungsoptionen

Während einige Studien die Kürzung als notwendigen Vorläufer für die strategische Erneuerung und die Wiederherstellung von Unternehmen ansehen, warnen andere vor nicht behebbaren Schäden wie Synergieverlusten. Drei weitere mögliche Krisenreaktionen nahm das Team ebenfalls in den Blick: Durchhaltevermögen, Innovation und Ausstieg. „Durchhaltevermögen und Innovation sind mittel- bis langfristig potenziell wirksame strategische Antworten auf Krisen“, erläutert Professor Matthias Wenzel. „Beide Strategien bauen jedoch im Wesentlichen auf verfügbare und nicht gebundene interne oder externe Ressourcen auf, die in Krisenzeiten recht schnell knapp werden können.“

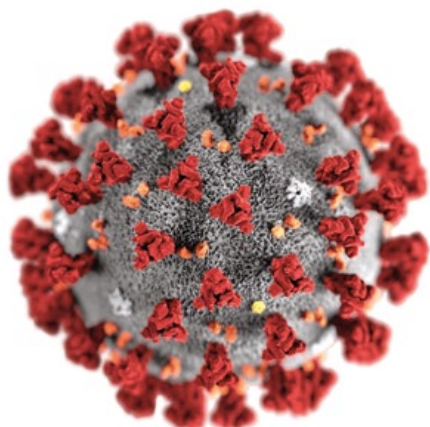
Der Ausstieg aus einer Branche als weitere Option „muss nicht das Ende des Weges markieren, sondern kann Ausgangspunkt für ein neues Unternehmen sein, das den neuen Marktbedingungen gerecht wird“, verdeutlicht Matthias Wenzel. Diese Krisenstrategie eröffnet Geschäftsinhabern und Managerinnen die Möglichkeiten für weitere Fortschritte. Aktuell begegnen diese unterschiedlichen Handlungsstrategien dem Wirtschaftswissenschaftler auch im Forschungsprojekt „RegInnB – Regionale Entwicklung und Innovation beschleunigen“. Hier arbeitet er eng mit der Praxis zusammen.

Gefördert vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und dem Land Niedersachsen, stellt das Forschungsteam niedersächsischen Startup-Zentren (Acceleratoren) nicht nur Wissen in Bezug auf eine beschleunigte Innovationsentwicklung zur Verfügung. Das Hauptziel ist es, gemeinsam neue Lösungswege zu ergründen. „Gerade dieser kollaborative Ansatz kann dazu beitragen, Universität und Region stärker zusammenzubringen im Umgang mit der Corona-Krise“, erklärt Matthias Wenzel.

Forschung

Leuphana Universität Lüneburg Institut für Management & Organisation (IMO)

- Dr. Sarah Stanske
- Prof. Dr. Matthias Wenzel
- matthias.wenzel@leuphana.de
- www.leuphana.de/institute/imo



Die Corona-Pandemie erfordert einen konstruktiven Umgang mit den dadurch ausgelösten Folgen. Verschiedene Strategien können Unternehmen aus der Krise führen.



Echte Nachhaltigkeit erfordert breitere Systemperspektive

Um Nachhaltigkeitsrisiken in komplexen Wirtschaftssystemen zu minimieren sowie deren Resilienz bei Krisen zu erhöhen, ist eine breite Systemperspektive erforderlich. Als Lösungsansatz nutzt Professor Michael Nusser den „Grünen Diamanten“. Dieses Werkzeug berücksichtigt Akteure und Prozesse aller Teilsysteme und unterstützt so Transformationsanalysen zu mehr Nachhaltigkeit.

Krisen wie Pandemien, Umweltzerstörung oder Klimawandel bergen seit vielen Jahren große Risiken für die Nachhaltigkeit von Wirtschaftssystemen. „Für mehr Nachhaltigkeit braucht es einen starken politischen Willen mit grünen ordnungspolitischen Leitplanken als tragende Säule, doch dies alleine wird nicht ausreichen“, erläutert Professor Michael Nusser. „Eine breitere System- und Netzwerkperspektive ist notwendig,“ fasst er die Ergebnisse seines Forschungsvorhabens „Wege zu einer Green Economy und Green Society“ an der Hochschule Hannover zusammen.

Auf dem Weg zu echter Nachhaltigkeit existieren Michael Nusser zufolge vielfältige Transformationshemmnisse und Pfadabhängigkeiten in den Teilsystemen Politik, Wirtschaft, Gesellschaft sowie Wissenschaft und Bildung. Dazu zählen etablierte Produktions-, Verhaltens- und Konsumroutinen sowie einflussreiche Unternehmen, die nicht nachhaltig wirken. Es gibt Reibungsverluste an den Systemschnittstellen, zudem agieren viele Akteure kurzfristig und orientieren sich am Status quo. Eine schnelle und wirksame Transformation wird oft verhindert, weil „der Fokus auf einzelne Teilsysteme, Netzwerke oder Akteure zu eng ist und dadurch viele Interessen- und Zielkonflikte sowie Akzeptanzprobleme unberücksichtigt bleiben“, ergänzt der Wissenschaftler.

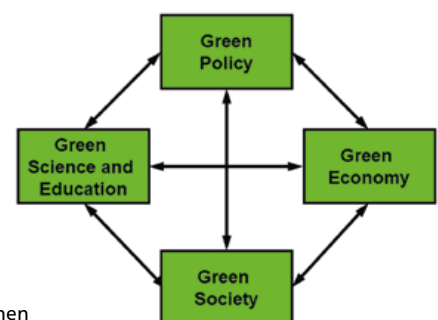
„Entscheidend für den Erfolg grüner Transformationsprozesse ist oft die Qualität der Schnittstellen- und Beziehungsstrukturen und damit das Zusammenspiel der beteiligten Teilsysteme“, meint Michael Nusser. Um diese Hemmnisse und praktische Lösungsansätze systematisch zu analysieren und zu bewerten, nutzt der Wissenschaftler einen „Grünen Diamanten“. Der lässt sich auf viele Bedarfsfelder wie nachhaltige Produktion, Energieversorgung, Mobilität, Stadtplanung, Informationstechnologie, Ernährung und ressourcenschonenden Konsum anwenden.

Michael Nusser schlägt vor, häufiger systemische Instrumente und Maßnahmen zur besseren Vernetzung, Koordination und Verzahnung zu nutzen. Er nennt branchen- und akteursübergreifende Förderprogramme, ressortübergreifende Arbeits- und Koordinierungsgremien sowie Plattformen für Debatten. Der Wissenschaftler empfiehlt, grüne Akteure auf Bundesebene als Koordinations-, Vernetzungs-, Steuerungs- und Umsetzungsinstanz zu stärken. An Prozessen zur Konsensbildung sollten sich Stakeholder aus allen grünen Teilsystemen beteiligen, um so aufeinander abgestimmte Visionen, Strategien, Ziele und konkrete Maßnahmen zu entwickeln.

Praxis

Hochschule Hannover Fakultät IV, Abteilung Betriebswirtschaft

→ Prof. Dr. Michael Nusser
→ Telefon 0511 9296-1572
→ michael.nusser@hs-hannover.de
→ <https://f4.hs-hannover.de>



Mit Hilfe des „Grünen Diamanten“ können komplexe grüne Transformationsprozesse ganzheitlicher analysiert und bewertet werden (in Anlehnung an den „Nationalen Diamanten“ von Michael E. Porter zur Analyse der Wettbewerbsfähigkeit von Ländern).

Grundwasser schützen – Gülle und Gärreste aufarbeiten

In der Landwirtschaft werden Gülle und Gärreste aus Biogasanlagen häufig als Düngemittel verwendet. Doch ein übermäßiger Einsatz kann die Qualität des Grundwassers gefährden. Ein Forschungsteam aus Hannover entwickelt Verfahren aus der Abwasserbehandlung weiter, um die überschüssigen Nährstoffe umweltverträglich abzubauen oder Stickstoff als Ressource zurückzugewinnen.

Erhöhte Nitratwerte im Grundwasser werden stellenweise auf den übermäßigen Einsatz von Gülle und Gärresten, dem Abfallprodukt der Biogasproduktion, als Düngemittel zurückgeführt. Um die Trinkwasserversorgung dauerhaft abzusichern, ist es unumgänglich, den Stickstoffeintrag in den Boden zu reduzieren. Aus diesem Grund sind Verfahren erforderlich, die Gülle und Gärreste auf andere Weise verwerten. Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Leibniz Universität Hannover entwickelt zusammen mit seinen Projektpartnern alternative Behandlungsverfahren. Dort, wo es möglich ist, lässt sich somit sogar die Ressource Stickstoff zurückgewinnen.

Flexible Verfahren, optimierte Ergebnisse

In der Abwasserbehandlung werden bereits effiziente Verfahren zur Aufbereitung hoch stickstoffhaltiger Abwässer angewendet. Diese übertragen die Forscherinnen und Forscher nun auf die Behandlung von Gülle und Gärresten, um deren Stickstoffgehalt gezielt zu reduzieren oder die Reststoffe sogar komplett aufzubereiten. Im Projekt KompaGG-N (Komplettaufbereitung von Gülle und Gärresten), vom Bundesforschungsministerium gefördert, entwickeln und erproben sie ein wettbewerbsfähiges Verfahren, das besonders regionale Stoffstromkonzepte für Nähr- und Schadstoffe berücksichtigt. Der modulare Aufbau erlaubt eine hohe Flexibilität in der Verfahrenszusammenstellung, um damit die Aufbereitungsziele zu erreichen. Zusätzlich soll die Verfahrenskette auf Energie, CO₂-Emissionen und Kosten optimiert werden sowie im besten Fall Mikroschadstoffe und multiresistente Keime eliminieren.

Regionale Flächennutzung berücksichtigen

Ergänzend zur optimalen Ausgestaltung und Zusammenführung der Einzelverfahren bewertet das Forschungsteam die Entsorgungsstrategie hinsichtlich regionaler Rahmenbedingungen. Die Flächennutzung oder Bodenstruktur zum

Beispiel beeinflusst maßgeblich den Stickstoffhaushalt. Hierzu entwickelt das Team ein modulares Verfahrensmodell und verknüpft es mit einem regionalen Stoffstrommodell, sodass es besonders vorzugswürdige Verwertungswege oder kritische Engpässe aufzeigen kann. Mit Abschluss des Projekts können Betreiber von Biogasanlagen und Landwirtschaftsbetriebe auf Basis der entwickelten Modelle ganz konkret für ihren Anwendungsfall die optimale Verfahrenskette identifizieren und damit eine zukunftsfähige Lösung für die Verwertung ihrer Gülle und Gärreste realisieren.

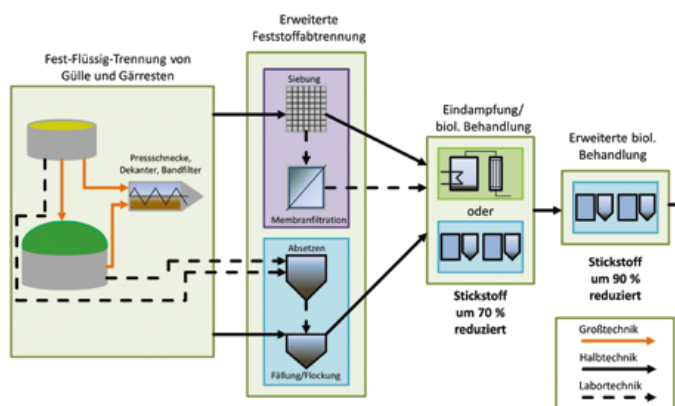
Forschung

**Leibniz Universität Hannover
Institut für Siedlungswasserwirtschaft und
Abfalltechnik (ISAH)**

→ Johannes Reiter, M. Sc.

→ reiter@isah.uni-hannover.de

→ www.isah.uni-hannover.de/de/forschung



Angepasste Verfahren aus der Abwasserbehandlung können dabei helfen, überschüssige Gülle und Gärreste umweltverträglich abzubauen und Stickstoff zurückzugewinnen.

Bedarfsgerechte Entwässerung schützt die Umwelt

Regenwasser – Grundlage des Lebens einerseits, Zerstörung durch Starkregen und Überflutung andererseits. Wichtige Aufgabe der Stadtentwässerungen ist daher seit jeher, die schadfreie Ableitung des Niederschlagswassers sicherzustellen und gleichzeitig mögliche Schadstoffemissionen in Gewässer und Grundwasser zu verhindern. Forschende der Universität Hannover untersuchen in diesem Kontext ein neuartiges Entwässerungskonzept, das Niederschlagswasser bedarfsgerecht nutzt, reinigt und ableitet.

Niederschlagswasser in der Stadt kann erheblich verunreinigt sein. Insbesondere das Regenwasser, das von stark befahrenen Straßen oder von Industrie- und Gewerbegebieten abfließt, enthält häufig gelöste Schadstoffe wie Biozide oder Spurenstoffe sowie Feststoffe, Schwermetalle oder Mikroplastik. Diese Verunreinigungen würden bei Einleitung des Regenwassers ohne Behandlung die natürlichen Gewässer erheblich verschmutzen. Eine dezentrale Reinigung am Anfallort ist jedoch teuer und aufwändig im Betrieb. Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH) der Leibniz Universität Hannover untersucht im Projekt TransMiT, wie sich die vorhandenen Kanalsysteme und zentralen Kläranlagen effizienter einsetzen lassen, um eine bedarfsgerechte Reinigung des Regenwassers zu erzielen.

Schmutz- und Regenwasser trennen oder mischen?

In der Stadt gibt es oft eine Kombination aus Trenn- und Mischkanalisation: Entweder werden Schmutz- und Niederschlagswasser getrennt voneinander abgeleitet und behandelt oder als vermischtes Abwasser der Kläranlage zugeführt. „Doch in Bezug auf das Niederschlagswasser weisen beide Systeme Nachteile auf“, erklärt Projektmitarbeiter Nils-Kristof Kabisch. „Bei der Trennkanalisation muss verschmutztes Regenwasser dezentral gereinigt werden, während die Kläranlagen noch Kapazitäten aufweisen.“ Bei der Mischkanalisation, führt er weiter aus, fließe auch sauberes Regenwasser mit dem Schmutzwasser zusammen der Kläranlage zu, sodass wertvolle Reinigungskapazitäten durch nicht behandlungsbedürftiges Regenwasser belegt werden.

Das ISAH stellt im vom Bundesforschungsministerium geförderten Verbundprojekt TransMiT mit weiteren Forschungs- und Praxispartnern die Entwässerung urbaner Quartiere völlig

Nachklärbecken einer Kläranlage:
Hier wird das gereinigte Wasser vom Klärschlamm getrennt, in dem Mikroplastik, Schwermetalle und Feststoffe zurückgehalten werden.



Regenwasser, das von Straßen oder Gewerbegebieten in Oberflächengewässer abfließt, verunreinigt diese oft mit Feststoffen oder Mikroplastik. Deswegen sollte Niederschlagswasser bei Bedarf gereinigt werden.

neu auf. In diesem ganzheitlichen Ansatz wird zunächst der Verschmutzungsgrad des gesammelten Niederschlagswassers bestimmt. Ist es besonders belastet, soll es zentral auf der kommunalen Kläranlage mitbehandelt werden. Sauberes oder nur gering verschmutztes Regenwasser wird durch blau-grüne Infrastruktur wie Gründächer im Quartier zurückgehalten und genutzt. Neben der Neuausrichtung der Stadtentwässerung bietet das Projekt Kommunen außerdem Unterstützung auf dem Weg zu einer umweltschonenden, widerstandsfähigen und wirtschaftlichen Stadtentwässerung an.

Forschung

Leibniz Universität Hannover Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik (ISAH)

- Prof. Dr.-Ing. Stephan Köster
- Dr.-Ing. Maike Beier
- Nils-Kristof Kabisch, M. Sc.
- Telefon 0511 762-2478
- kabisch@isah.uni-hannover.de
- www.transmit-zukunftsstadt.de



Wasserverteilungsnetze – Schadstoffquellen auf der Spur

Sauberes Trinkwasser ist eine der wichtigsten Ressourcen für den Menschen. Ein hannoversches Forschungsteam verfolgt das Ziel, die Sicherheit von Wasserverteilungsnetzen zu verbessern. Es hat ein präzises Werkzeug entwickelt, das Schadstoffquellen effizient und zuverlässig lokalisieren kann.

Wasserverteilungsnetze in Deutschland gelten als sehr sicher, wobei diese komplexe Infrastruktur unter unsicheren Bedingungen arbeitet und unkontrollierten externen Ereignissen ausgesetzt ist. So ist es auch hierzulande schon zu Verunreinigungen gekommen, die das Wasser für eine Zeit lang ungenießbar machten. In diesem Zusammenhang ist die Resilienz des Wassernetzes, also seine Fähigkeit, sich nach einem störenden Ereignis schnell zu erholen, für die öffentliche Sicherheit von größter Bedeutung.

Dringen schädliche Verunreinigungen zufällig oder absichtlich in das Rohrleitungsnetz ein, muss die Schadstoffquelle so schnell wie möglich gefunden werden. Diese Aufgabe ist aufgrund des komplexen Netzwerkverhaltens, knapper Daten und unvermeidbarer Unsicherheiten bei der Prozessmodellierung und -überwachung eine große Herausforderung in der Ingenieurpraxis. Forschende der Leibniz Universität Hannover haben daher eine neue Methode entwickelt, die den Eintrittsort der Verunreinigung anhand der verfügbaren Messungen und des Systemwissens identifiziert.

Sensordaten statistisch auswerten

Hierzu wendet das Forschungsteam die Bayes'sche Statistik an. Im Fokus steht die Aussage, an welchem Ort im Wasserverteilungsnetz die Schadstoffe am wahrscheinlichsten eingedrungen sind. Auf Grundlage der verfügbaren Sensormessungen wird für jeden potenziellen Ort ein Plausibilitätsgrad (posteriore Wahrscheinlichkeit) als Wichtung ermittelt. Die Berechnungen dieser Wichtung erfolgen mittels neuester

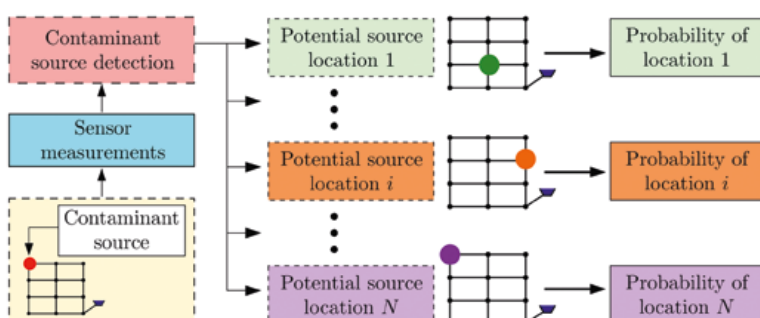
Simulationstechnik in Verbindung mit einer hydraulischen Analysesoftware. Der Ansatz stellt mögliche Schadstoffquellen unter Berücksichtigung aller mit dem Erkennungsprozess verbundenen Unsicherheiten flexibel und realistisch dar.

Die Wirksamkeit und Leistungsfähigkeit des entwickelten Werkzeuges demonstrieren die Forscherinnen und Forscher anhand eines simulierten Netzwerks aus 92 Knoten und 117 Rohren. Trotz sich ständig ändernder Strömungsverhältnisse im Netz war das Verfahren in der Lage, eine Schadstoffquelle zuverlässig zu identifizieren. Selbst bei relativ seltenen und verrauschten Messungen wies es dem tatsächlichen Injektionsknoten eine Wahrscheinlichkeit von fast 100 Prozent und dem Rest eine Wahrscheinlichkeit von nahe Null zu. Der gesamte Identifizierungsprozess dauerte etwa 40 Minuten auf einem Hochleistungsrechner. Das Team plant weitere Entwicklungen, um die Resilienz kritischer Infrastrukturnetze zu verbessern.

Forschung

Leibniz Universität Hannover Institut für Risiko und Zuverlässigkeit

→ Danko Jerez
→ Jasper Behrendorf, M. Sc.
→ Dr. Matteo Broggi
→ Prof. Dr.-Ing. Michael Beer
→ beer@irz.uni-hannover.de
→ www.irz.uni-hannover.de



Schadstoffe im Trinkwassernetz:
Das Verfahren errechnet für die violett dargestellte Quelle die höchste Wahrscheinlichkeit, dass dort die Verunreinigungen eingedrungen sind. Es hat den Ort zuverlässig identifiziert.

Industrie 4.0 – die selbstüberwachende Anlage

Produktionsanlagen in festen Intervallen zu warten, während die Maschinen stillstehen, ist in Zeiten von Industrie 4.0 nicht mehr zeitgemäß. Die Ostfalia Hochschule entwickelt zusammen mit der Bayer AG ein neues, nicht-invasives Diagnose-Verfahren. Mit dem können Chemieanlagen eine anlassbezogene Wartung melden und gleichzeitig die Produktion sowie die Sicherheit von Mensch und Umwelt gewährleisten.

Arzneimittel, Düngemittel oder Kraftstoffe werden in verfahrenstechnischen Anlagen hergestellt, die meist sicherheitsrelevante Komponenten wie Druck- und Temperatur-Sensoren, Pumpen und Ventile enthalten. In regelmäßigen Abständen müssen Personen die Maschinen per Checkliste inspizieren und warten. Währenddessen stehen die Anlagen still, was immer mit Produktionseinbußen, Geld- und Zeitverlusten einhergeht. Im Rahmen der Industrie 4.0 drängen zunehmend Sensoren auf den Markt, die selbst einen Anlagenverschleiß erkennen können. Sie sagen der Anlage, ob sie funktionsfähig ist oder ob ein Eingriff notwendig ist und führen diesen gegebenenfalls sogar selbstständig durch.

Um diesen Ansatz praxisnah zu untersuchen, hat die Ostfalia Hochschule mit der Bayer AG ein Kooperationsprojekt gestartet. Ziel ist die Selbstüberwachung digitalisierter Chemieanlagen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben ein Diagnose-Konzept entwickelt, welches Aussagen über die Funktionsfähigkeit von Sicherheitseinrichtungen zulässt, ohne die Anlagen abstellen zu müssen. Diese nicht-invasiven Prüfmethode basieren auf Methoden der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, Modellierung von unterschiedlichen Gefahrenfeldern und Sensordaten zum aktuellen Anlagenzustand.

In der Industrie 4.0 müssen chemische Anlagen für eine Inspektion nicht immer runtergefahren werden. Neue Diagnoseverfahren zeigen an, wenn eine Wartung wirklich notwendig ist.

Wartung nur bei Bedarf

Das neue Diagnoseverfahren vergleicht ständig betriebliche Prozessgrößen wie Förderleistung von Pumpen oder Durchfluss der verbauten Regelventile mit aktuellen Sensorwerten und prüft die Daten auf Plausibilität. Je nach Produktionsschritt und Anlagenzustand ergibt sich dann ein aktueller Zuverlässigkeitswert für die Gesamtanlage, der darüber entscheidet, ob die Produktion sicher ist. So lassen sich beispielsweise fest terminierte Prüffristen durch anlassbezogene Wartungstermine ersetzen. Moderne Sensoren und Aktoren und die Vernetzung aller Informationen können somit einem Unternehmen wirtschaftliche Vorteile verschaffen – unter Einhaltung aller rechtlichen und sicherheitstechnischen Aspekte.

Technologieangebot

**Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
Institut für Elektrische Anlagen und
Automatisierungstechnik**

→ Prof. Dr.-Ing. Lorenz Däubler
→ Telefon 05331 939-42480
→ l.daeubler@ostfalia.de



Mobil sein auf dem Land



In den Städten nutzen die Menschen zunehmend umweltfreundliche Mobilitätsangebote. Auf dem Land hingegen können oder wollen sie meist nicht auf das eigene Auto verzichten. Die Universität Göttingen entwickelt in einem europäischen Kooperationsprojekt Angebote für eine nachhaltige Mobilität in ländlichen Regionen. So wollen die Forschenden dort die Lebensqualität und Wirtschaftskraft stärken.

Flexible und nachhaltige
Mobilitätsangebote sollen die
Attraktivität ländlicher Regionen für
Einwohner und Wirtschaft erhalten.

Während nachhaltige Verkehrskonzepte in urbanen Räumen immer größere Verbreitung finden, lassen sie sich in ländlich und kleinstädtisch geprägten Regionen häufig kaum umsetzen. Die Distanzen sind zu groß, die Kosten zu hoch und die Zahl der Nutzerinnen und Nutzer zu klein, als dass sich solche Dienste wirtschaftlich lohnten und als echte Alternative zum privaten Auto durchsetzen könnten. Ohne ausreichende Mobilitätsangebote verlieren diese Regionen jedoch als Wohn- und Wirtschaftsräume im Vergleich zu städtischen Gebieten immer mehr an Attraktivität.

Das europäische Projekt MOVE will daher neuartige Lösungen für eine flexible und nachhaltige Mobilität im ländlichen Raum entwickeln und erproben. Ziel der Projektpartner ist es,

mithilfe der entwickelten Konzepte Versorgungslücken im ländlichen Raum mittel- bis langfristig zu schließen. Dadurch sollen Lebensqualität und Erreichbarkeit vor Ort gesteigert sowie soziale, ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit gefördert werden. Im Rahmen eines gemeinsamen Co-Creation-Prozesses planen und verwirklichen sie verschiedene Pilotprojekte.

Autos und Fahrräder teilen

Neben der Forschungsgruppe Smart Mobility der Universität Göttingen umfasst die Kooperation lokale Gemeinden, Privatunternehmen und Forschungseinrichtungen aus Deutschland, Belgien, Dänemark, Schottland und den Niederlanden.



Interreg
North Sea Region
MOVE
European Regional Development Fund



Finanziert wird das Projekt vom Interreg VB North Sea Region Programme. Zu den niedersächsischen Partnern zählen der Landkreis Northeim und der Zweckverband Verkehrsverbund Süd-Niedersachsen. Der Landkreis Northeim erprobt beispielsweise ein im partizipativen Co-Creation-Prozess entwickeltes kleinstädtisches Sharing-System mit Elektroautos und Fahrrädern, um so insbesondere die Wohn- und Pendelattraktivität der Region zu erhöhen.

Busse flexibel buchen

Andere Praxispartner haben ihre Pilotprojekte bereits erfolgreich abgeschlossen: So hat der belgische Partner einen Flexbus mit flexiblem Online-Buchungssystem eingeführt und damit die Zahl der Fahrgäste um fast 50 Prozent gesteigert. Den Flexbus nutzen insbesondere Senioren – zum Beispiel, um zu größeren Regionalbahnhöfen zu gelangen. Dank des großen Erfolgs des Piloten hat die lokale Gemeinde gemeinsam mit dem Busunternehmen den Nutzungsbereich des Dienstes ausgeweitet und plant, den Bus auch über die Pilotphase hinaus weiter zu betreiben. Weitere Piloten zielen auf nachhaltige Mobilitätslösungen für Tourismus und Gesundheitsversorgung.

Praxis

Universität Göttingen Lehrstuhl für Informationsmanagement

- Felix Kegel, B. Sc.
- Mathias Willnat, M.Sc.
- mathias.willnat@uni-goettingen.de
- Tim-Benjamin Lembcke, M.Sc.
- tim-benjamin.lembcke@uni-goettingen.de
- www.uni-goettingen.de/en/57609.html
- <https://northsearegion.eu/move/>

Digitale Werkzeuge für effizientes Bauen

Die Jade Hochschule am Standort Oldenburg hat sich zum Ziel gesetzt, kleine und mittlere Unternehmen der Baubranche auf vielfältigste Weise bei der Digitalisierung zu unterstützen. Mit neuen digitalen Werkzeugen sowie Angeboten zur Aus- und Weiterbildung wird Praxis und Forschung miteinander vernetzt.

Komplexe Bauvorhaben, an denen viele verschiedene Gewerke beteiligt sind, erfordern eine effiziente Planung und Ausführung. Digitalisierung kann hierbei helfen, doch gerade bei kleinen und mittleren Betrieben ist der Aufwand oder die Hemmschwelle noch sehr groß. Das Institut für Datenbankorientiertes Konstruieren erforscht seit Jahren die Modellierung von Bauinformationen, kurz BIM (Building Information Modeling). Das interdisziplinäre Team entwickelt Prozesse und digitale Werkzeuge zur kooperativen Bearbeitung von Bauwerken. Im Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Planen und Bauen demonstriert es praktische Anwendungen und bietet Qualifizierung und Informationsveranstaltungen entlang der kompletten Wertschöpfungskette Bau an. Das Kompetenzzentrum wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert.

Darüber hinaus entsteht in Oldenburg das Labor für digitales Engineering. In einem virtuellen Raum, der „Mixed reality Cave“, wird eine dreidimensionale Realität projiziert. Hier können mehrere Personen gleichzeitig interagieren, digitale Modelle erleben, anpassen oder Simulationen durchführen. Dank smarter Bauhelme, Positionierungssysteme und eines mobilen Roboters lässt sich zum Beispiel die Interaktion von Mensch und Maschine auf komplexen Baustellen testen. Auch Externen steht es zur Verfügung.

Praxis

Jade Hochschule Wilhelmshaven/ Oldenburg/Elsfleth Institut für Datenbankorientiertes Konstruieren (IDoK)

- Prof. Dr. Sebastian Hollermann
- sebastian.hollermann@jade-hs.de
- www.jade-hs.de/idok





Besser bauen in der Stadt

Baulücken in Ballungsräumen zu schließen ist eine logistische Herausforderung: wenig Platz, hoher Zeitdruck, viele Anlieger und Verkehrswege. Das Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH entwickelt Werkzeuge, mit denen Baufirmen effizienter planen und somit schneller und kostengünstiger bauen können.

Nachverdichtung in Städten soll bezahlbaren Wohnraum auf freien Flächen schaffen. Die Bauträger müssen dabei besonders den begrenzten Platz, den komplexen Gebäudebestand, die vorhandene Infrastruktur, die Schmutz- und Lärmbelastung der Nachbarschaft berücksichtigen. Vorgefertigte Raummodule könnten Zeit und Kosten sparen. Diese lassen sich aber neben Materialien und Baumaschinen aufgrund der Enge nicht vor Ort zwischenlagern. Das erfordert ein effizienteres Baustellenmanagement. Werkzeuge hierfür entwickelt das Institut für Integrierte Produktion Hannover (IPH) zusammen mit der Technischen Universität München.

Im Forschungsprojekt „Modulare Gebäude-Nachverdichtung“ (MoGeNa) entwickeln die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, basierend auf langjähriger Erfahrung in der Fabrikplanung und Fertigungssteuerung, einen Leitfaden. Dieser verknüpft die logistische Baustellenorganisation, etwa Flächenbedarf, Bestand und Auslastung, mit der Terminplanung. Ein Bewertungs-Tool gewichtet die Faktoren und Einflussgrößen und gibt schließlich Handlungsempfehlungen heraus. „Das automatisierte Bewertungs-Tool unterstützt den Planer vor Ort, die richtigen Entscheidungen bei der Baustelleneinrichtung und Terminplanung zu treffen“, erklärt Andreas Nitsche, Projektingenieur am IPH.

Technologieangebot

IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH

- Andreas Nitsche, M. Sc.
- Telefon 0511 27976-440
- nitsche@iph-hannover.de
- www.mogena.iph-hannover.de

Schadenserkennung mittels Thermografie an Flugzeugen

Leichtbaustrukturen werden vielfach im Luftfahrzeugbau verwendet, sie reagieren jedoch empfindlich auf Beschädigungen. Viele dieser Beschädigungen sind visuell nicht erfassbar. Für die Flugsicherheit ist es entscheidend, derartige Schäden frühzeitig zu erkennen. Die Hochschule Hannover erforscht die Thermografie als berührungslose Prüfmethode.

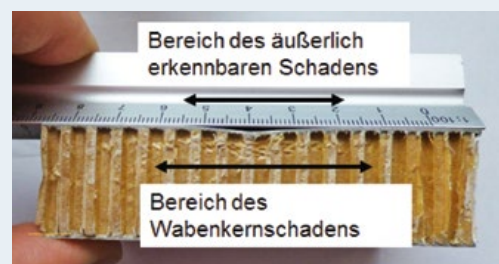
Zahlreiche Steuerflächen und Verkleidungen eines Verkehrsflugzeuges bestehen aus Honeycomb-Sandwichstrukturen. Bei diesen Bauteilen ist ein dicker Wabenkern beidseitig mit zwei dünnen Decklagen aus kohle- oder glasfaserverstärktem Kunststoff verklebt. Treffen zum Beispiel Hagelkörner mit hoher Geschwindigkeit auf die Bauteiloberfläche, können sie neben der Decklage auch den Kern großflächig schädigen. Mit Hilfe der Thermografie lässt sich die Kernschädigung detektieren. Dazu wird das Bauteil durch Aufheizen oder Abkühlen thermisch angeregt. Der Schaden behindert den Wärmefluss im Bauteil, wodurch sich eine inhomogene Temperaturverteilung auf der Bauteiloberfläche ausbildet.

Durch die Erzeugung eines Unterdrucks im Bereich des Wabenkernschadens mit Hilfe einer Vakuumpumpe kann eine lokale Abkühlung des Bauteils erreicht werden. Die dadurch hervorgerufene inhomogene Temperaturverteilung auf der Bauteiloberfläche wird mit einer Thermografiekamera visualisiert. Damit kann der beschädigte Bereich identifiziert und bei Bedarf ausgetauscht werden. Die Hochschule Hannover sucht Industriepartner, um das Laborkonzept auf Praxistauglichkeit zu untersuchen.

Forschung

Hochschule Hannover Projektlabor für Werkstoffe im Flugbetrieb in der Werkstofftechnik

- Benjamin Cäsar
- Matthias Robert Gossen
- Dipl.-Inform.wirt (FH) Friedrich Wilhelm Bauer
- friedrichwilhelm.bauer@hs-hannover.de



Der Schaden im Wabenkern eines Honeycomb-Probekörpers ist größer als die visuell erfassbare Delle.



Digitale Instandhaltung für Brücken

Knapp 12.000 Eisenbahnbrücken sind älter als 100 Jahre, etliche davon marode. Die Herausforderung wächst, die Verkehrssicherheit zu gewährleisten. Forschende der Leibniz Universität Hannover entwickeln ein intelligentes System, mit dem Brücken ihren Zustand selbst erkennen und frühzeitig auf Schäden hinweisen. Das optimiert die Instandhaltung.

Intelligente Brücken erkennen ihren Zustand selbst und geben frühzeitig Hinweise auf Schäden.

Millionen Menschen fahren in Deutschland täglich über Straßen- und Eisenbahnbrücken – und können sich darauf verlassen, dass die Bauwerke halten. Doch der zeitliche und finanzielle Aufwand, die Betriebs-, Verkehrs- und Standsicherheit der Brücken aufrechtzuerhalten, steigt mit ihrem Alter. Es bedarf intelligenter Strategien, um Schlüsselbauwerke wie Brücken effizient zu betreiben, instand zu halten und Ausfallrisiken sowie deren Folgen zu reduzieren. Daran arbeiten in Hannover das Institut für Baumanagement und Digitales Bauen und das Institut für Massivbau im Projekt „DiMaRB“ (Digital Maintenance of Railway Bridges). Es wird vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur gefördert.

Künstliche Intelligenz trifft Vorhersagen

Die Ingenieurinnen und Ingenieure haben ein intelligentes Konzept entwickelt, das permanent Daten zum Bauwerkszustand sammelt, auswertet und in einem digitalen Abbild des realen Bauwerks organisiert. Sensoren zeichnen Bauwerksverhalten, einwirkende Kräfte und Umgebungsbedingungen auf. Verfahren der künstlichen Intelligenz bewerten anhand der umfassenden Daten des Monitoringsystems minimale Veränderungen der Bauwerksstruktur und des Tragverhaltens. Daraus ziehen sie Rückschlüsse auf den aktuellen Zustand und treffen Vorhersagen zur zukünftigen Entwicklung des Bauwerkszustands. Das Monitoring weist frühzeitig auf Schäden hin, die visuell erst viel später erkannt worden wären. Somit wandelt sich die Instandhaltung von einem reaktiven Prozess zu einem vorausschauenden.

Digitales Brückenmodell vereinfacht Kommunikation

Als weiteres Ziel des Projektes errichtet das Forschungsteam eine digitale Plattform, die die vielfältigen Kommunikationswege systematisiert und zentralisiert. Auf dieser Plattform liegt ein digitales 3D-Modell des realen Bauwerks, welches alle Informationen enthält, die für die Instandhaltung relevant sind. Hierüber können alle am Prozess der Instandhaltung Beteiligten Daten und Informationen austauschen und Entscheidungen für nötige Maßnahmen datenbasiert treffen. In Zukunft wird so die Instandhaltung aufgrund der flexibleren Überwachung deutlich wirtschaftlicher, vor allem aber wird die Infrastruktur durch die Früherkennung von drohenden Schäden verlässlicher.

Forschung

Leibniz Universität Hannover

Institut für Baumanagement und Digitales Bauen

→ Robert Hartung, M. Sc.

→ hartung@icom.uni-hannover.de

→ www.icom.uni-hannover.de/de/forschung

Institut für Massivbau

→ Hubert Naraniecki, M. Sc.

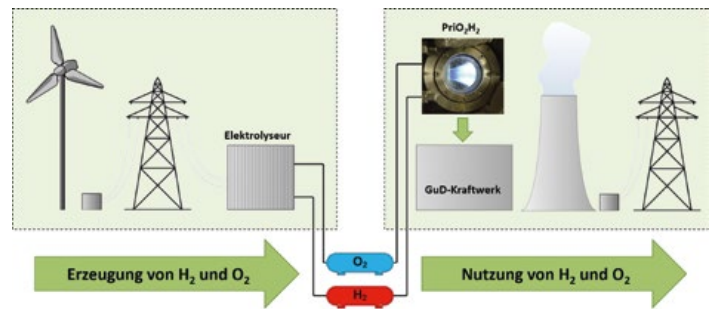
→ naraniecki@ifma.uni-hannover.de



Link zum Imagevideo (YouTube):
Digitale Instandhaltung von
Eisenbahnbrücken



Energieversorgung und Klimaschutz mit Wasserstoff



Wird Wasser über die Elektrolyse mithilfe erneuerbarer Energien gespalten, entsteht Sauerstoff und sogenannter grüner Wasserstoff, der als Energiespeicher dient. Eine Wasserstoff-Sauerstoff-Brennkammer, die in den Prozess eines Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerks eingebunden ist, setzt die Energie wieder frei.

Als kohlenstofffreier Energieträger kann Wasserstoff maßgeblich zum Klimaschutz beitragen. Voraussetzung ist, dass grüner Wasserstoff mithilfe regenerativer Energien hergestellt wird. Niedersachsen fördert Innovationen zur Erzeugung und Weiterverarbeitung von Wasserstoff. In Hannover und Wilhelmshaven werden zum Beispiel nachhaltige Wasserstoff-Verbrennungskonzepte entwickelt, um die Versorgungssicherheit thermischer Kraftwerke zu verbessern.

Wasserstoff als Energiespeicher spielt für den Erfolg der Energiewende eine bedeutende Rolle. Die gewünschte CO₂-Neutralität wird jedoch nur erreicht, wenn erneuerbare Energien für die Herstellung verwendet werden. Mit überschüssigem Wind- und Solarstrom lässt sich mittels Elektrolyse Wasser emissionsfrei in grünen Wasserstoff und Sauerstoff trennen. Als chemischer Energieträger bietet Wasserstoff ein großes Potenzial für die Einbindung in die bisherige Energieinfrastruktur. Er verbindet die Sektoren regenerative Stromerzeugung, Speicherung, Mobilität und industrielle Nutzung.

Zur Förderung der Wasserstoffwirtschaft als Schlüsseltechnologie der Energiewende hat das niedersächsische Wissenschaftsministerium interdisziplinäre Innovationslabore für Wasserstofftechnologien ausgelobt. Die Leibniz Universität Hannover erarbeitet gemeinsam mit der Jade Hochschule Wilhelmshaven ein Projekt mit dem Ziel, wasserstoffbasierte Primärregelleistung in thermischen Kraftwerken flexibel bereitzustellen. Durch die fluktuierend einspeisende Wind- und Sonnenenergie schwankt die zur Verfügung stehende Leistung zur Stromerzeugung stark. Für den kurzfristigen Ausgleich ist Primärregelleistung notwendig, die bisher vorwiegend durch eine energetisch nachteilige Drosselung in thermischen Dampfkraftwerken realisiert wurde.



Die Verbrennung von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf setzt viel Energie frei, die sich nachhaltig nutzen lässt. Bei der Verbrennung entsteht kein CO₂.

Wasserstoff-Sauerstoff-Brennkammer

Das Forschungsteam will in seinem Projekt zeigen, dass Primärregelleistung durch das Verbrennen von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasserdampf bereitgestellt werden kann. Dieser Prozess ist in den Dampfkreislauf thermischer Kraftwerke integriert. Für den zukünftigen industriellen Einsatz ist es unabdingbar, dass entsprechende Wasserstoffbrenner sicher ausgelegt und an unterschiedliche Kraftwerke adaptiert werden können. Dazu untersuchen die Teams die Verbrennung von Wasserstoff mit Sauerstoff in Dampf- und Gasatmosphäre unter Druck, den Zünd- und Mischprozess sowie die betriebs-sichere Flammenstabilisierung.

Gezielte Experimente und ein zeitabhängiges Anlagen-Simulationsmodell bilden die Grundlage für den Bau einer Wasserstoff-Sauerstoff-Brennkammer für den Einsatz im Dampfkraftwerk. Da beide Produkte der Wasser-Elektrolyse – Wasserstoff und Sauerstoff – genutzt werden, entsteht ein energetisch besonders hochwertiges Speichersystem. Dieses wird einen wesentlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten.

Forschung

Leibniz Universität Hannover Institut für Kraftwerkstechnik und Wärmeübertragung

→ Niklas Siwczak, M. Sc.
→ siwczak@ikw.uni-hannover.de
→ www.ikw.uni-hannover.de

Institut für Technische Verbrennung

→ Dipl.-Ing (FH) Markus Höltermann, M. Sc.
→ hoeltermann@itv.uni-hannover.de

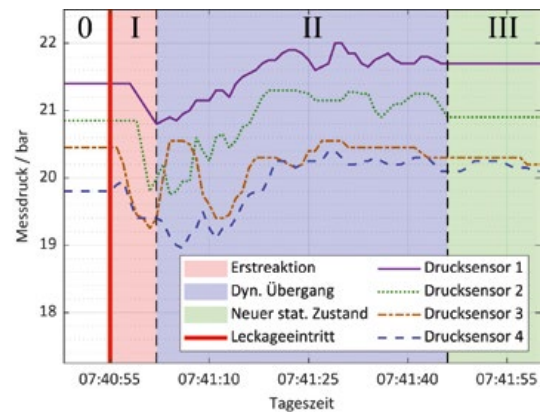
Fernwärmenetz – Lecks effektiver lokalisieren

Der Aufwand, in undichten Fernwärmeleitungen das Leck zu finden, ist besonders in erdverlegten Systemen sehr zeitraubend und kostspielig. Um Leckagen schneller lokalisieren zu können, nutzt die Ostfalia Hochschule in Wolfenbüttel mit drei weiteren Kooperationspartnern künstliche Intelligenz und die vorhandenen Sensoren im Fernwärmenetz. Auf dieser Basis entwickelt das Forschungsteam ein intelligentes Analyseverfahren.

Fernwärme versorgt Kunden mit warmem Wasser und Energie zum Heizen. Um ressourcenschonend und nachhaltig zu agieren, darf beim Transport des Mediums vom Kraftwerk zum Verbraucher kein Wasser oder Wasserdampf verloren gehen. Allerdings treten innerhalb der Rohrleitungen gelegentlich Leckagen auf. Der Verlust des Transportmediums kann zwar für einen gewissen Zeitraum über Nachspeisung kompensiert werden, bei einem zu großen Verlust muss aber das gesamte Netz abgeschaltet werden. Um Lecks schneller lokalisieren zu können, setzt die Ostfalia Hochschule mit drei weiteren Kooperationspartnern verschiedene Verfahren der künstlichen Intelligenz ein.

Im Fernwärmenetz wird idealerweise nur das von der Leckage betroffene Gebiet abgetrennt. Aktuell werden dafür Mitarbeitende die Nachspeisemenge aus und trennen das Sperrgebiet manuell ab. Ziel des Verbundvorhabens ist es, noch genauere Ergebnisse zu erhalten, um Leckagen effektiver zu lokalisieren. Für die zu entwickelnden Verfahren ist es vorteilhaft, neben der Nachspeisemenge auch die bereits vorhandenen Druck- und Durchflusssensoren zu nutzen. Herausfordernd hierbei ist, dass die Sensoren aktuell nicht gleichmäßig im Netz verteilt sind und sie unterschiedliche Reaktionszeiten aufweisen.

Undichte Stellen in erdverlegten Fernwärmeleitungen zu finden, ist sehr zeit- und kostenintensiv. Die Ostfalia Hochschule entwickelt ein intelligentes Analyseverfahren, um Leckagen schneller zu lokalisieren.



Die Grafik stellt den zeitlichen Druckverlauf in einem Fernwärmenetz beim Eintritt einer Leckage dar. Je nach Entfernung zum Leck reagieren die Drucksensoren zeitversetzt. Drucksensor 3 reagiert als erstes und liegt somit am nächsten zum Leck. Abschnitt I zeigt die Erstreaktion. In Abschnitt II stellen sich die Drücke aufgrund der Nachspeisung neu ein. In Abschnitt III liegt ein neuer stationärer Zustand vor.

Aus einer Leckage resultieren Druckwellen, die sich mit etwa Schallgeschwindigkeit durch das gesamte Fernwärmenetz ausbreiten. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Ostfalia Hochschule wenden hierfür verschiedene Methoden der Datenanalyse an, zum Beispiel Zeitreihen- und Korrelationsanalyse. Anhand der Messdaten können sie den Zeitpunkt des Druckeinbruchs ermitteln und damit das Leck frühzeitig erkennen. Um nun den Ort möglichst genau einzugrenzen, entwickeln sie komplexe Verfahren der künstlichen Intelligenz, die den stationären Zustand auswerten und die Leckage lokalisieren. Da aufgrund weniger echter Leckagen auch nur wenige Daten zu Analysezwecken vorliegen, stellt das Training der Modelle eine Herausforderung dar, was das Forschungsteam durch Simulation erfolgreich löst.

Forschung

Ostfalia Hochschule, Wolfenbüttel Institut für Information Engineering

- Prof. Dr. Frank Klawonn
- f.klawonn@ostfalia.de
- www.ostfalia.de/cms/de/iee





Ein neues Marktdesign für die Energiewende

Für eine erfolgreiche Energiewende müssen Netzengpässe bewältigt sowie Strom-, Wärme- und Verkehrssektor effizient gekoppelt werden.

Für eine kostengünstige und erfolgreiche Energiewende muss der Strommarkt besser an aktuelle Entwicklungen angepasst werden. Ein Forschungsprojekt mit Beteiligung der Technischen Universität Clausthal empfiehlt einen zeitgemäßen Rahmen für das Energiesystem, der Netzengpässe effizient und wirksam bewältigt, Strom-, Wärme- und Verkehrssektor koppelt und damit die Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit erhöht.

Netzengpässe sind eine große Herausforderung für das Stromversorgungssystem. Wenn die Transportkapazitäten der Netze nicht ausreichen, werden aktuell kostspielige Maßnahmen des Engpassmanagements durchgeführt. Im schlimmsten Fall bedrohen Netzengpässe die Netzstabilität und Versorgungssicherheit. Wie Netzengpässe behoben oder sogar verhindert werden können, diskutieren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in dem Kooperationsprojekt „Energiesysteme der Zukunft“. Initiatoren sind die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina und die Union der deutschen Akademien der Wissenschaften.

Der heutige Ordnungsrahmen für den Strommarkt ist historisch gewachsen, er spiegelt die Entwicklungen der jüngsten Zeit nicht ausreichend wider, zum Beispiel die steigende Erzeugung von grünem Strom. „Im Zuge der Energiewende ergeben sich Herausforderungen durch die fluktuierende Einspeisung aus Solar- und Windkraft, den steigenden Strombedarf und den grenzüberschreitenden Stromhandel. Der Netzausbau kommt häufig nicht schnell genug nach“, stellt Co-Leiter Prof. Hartmut Weyer fest. Der Experte für Energierecht der Technischen Universität Clausthal sieht Anpassungen des Marktdesigns als einen möglichen Lösungsweg an.

„Netzengpässe können vermieden werden, wenn Preissignale schon bei der Einsatzplanung von Erzeugungs-, Speicher- und Verbrauchsanlagen die Verfügbarkeit von Transportkapazitäten anzeigen“, argumentiert Hartmut Weyer. Außerdem

greifen Netzbetreiber aktuell vor allem auf Kraftwerke zu, um Stromnetze zu stabilisieren. Zusätzliche Instrumente könnten helfen, auch industrielle und private Stromverbraucher zu motivieren, je nach Netzauslastung mehr oder weniger Strom zu beziehen.

CO₂-Ausstoß bepreisen, Steuerrecht reformieren

Eine weitere große Baustelle der Energiewende betrifft den Einsatz klimafreundlicher Energieträger. Eine Arbeitsgruppe an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus hat untersucht, wie sich Strom-, Wärme- und Verkehrssektor stärker in ein klimafreundliches Gesamtsystem integrieren lassen. Für einen fairen Wettbewerb zwischen erneuerbaren und fossilen Energieträgern sollte sich klimaschädliches Verhalten auch im Preis niederschlagen. Die Forschenden sprechen sich für eine umfassende CO₂-Bepreisung aus. Die zusätzlichen Einnahmen könnten verwendet werden, um private Haushalte und die Industrie zu entlasten.

Forschung

Technische Universität Clausthal Institut für deutsches und internationales Berg- und Energierecht

- Prof. Dr. jur. Hartmut Weyer
- Telefon 05323 72-5035
- hartmut.weyer@tu-clausthal.de
- www.iber.tu-clausthal.de/projekte-auswahl

Ihre Ansprechpersonen bei den Technologietransferstellen der niedersächsischen Hochschulen

Technische Universität Braunschweig Technologietransferstelle

→ Jörg Saathoff
→ Telefon 0531 391-4260, Fax 0531 391-4269
→ tt@tu-braunschweig.de

Hochschule für Bildende Künste Braunschweig Technologietransfer

→ www.hbk-bs.de

Technische Universität Clausthal Technologietransfer und Forschungsförderung

→ Mathias Liebing
→ Telefon 05323 72-7754, Fax 05323 72-7759
→ transfer@tu-clausthal.de

Georg-August-Universität Göttingen Stabsstelle Kooperation und Innovation

→ Christina Qaim
→ Telefon 0551 39-25160, Fax 0551 39-1825160
→ christina.qaim@uni-goettingen.de

Universitätsmedizin Göttingen Stabsstelle Wissens- und Technologietransfer

→ Alexander Berg
→ Telefon 0551 39-61258
→ alexander.berg@med.uni-goettingen.de

Leibniz Universität Hannover uni transfer

→ Christina Amrhein-Bläser
→ Telefon 0511 762-5728, Fax 0511 762-5723
→ christina.amrhein-blaeser@
zuv.uni-hannover.de

Medizinische Hochschule Hannover Stabsstelle Forschungsförderung, Wissens- und Technologietransfer

→ Christiane Bock von Wülfingen
→ Telefon 0511 532-7902
→ bockvonwuelfingen.christiane@
mh-hannover.de

Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover Technologietransfer

→ Dr. Jochen Schulz
→ Telefon 0511 953-8953
→ jochen.schulz@tiho-hannover.de

Stiftung Universität Hildesheim Forschungsmanagement und Forschungsförderung

→ Markus Weißhaupt
→ Telefon 05121 883-90120
→ markus.weisshaupt@uni-hildesheim.de

Leuphana Universität Lüneburg Wissenstransfer und Kooperationen

→ Andrea Japsen
→ Telefon 04131 677-2971, Fax 04131 677-2981
→ japsen@leuphana.de

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg Referat Forschung und Transfer

→ Manfred Baumgart
→ Telefon 0441 798-2914, Fax 0441 798-3002
→ manfred.baumgart@uni-oldenburg.de

Universität Osnabrück/Hochschule Osnabrück Transfer- und Innovationsmanagement TIM der Hochschule und Universität Osnabrück

→ Dr. Christoph Gringmuth
→ Telefon 0541 969-3073
→ c.gringmuth@hs-osnabrueck.de

Universität Vechta Referat Forschungsentwicklung und Wissenstransfer

→ Dr. Daniel Ludwig
→ Telefon 04441 15-642
→ daniel.ludwig@uni-vechta.de

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel Wissens- und Technologietransfer

→ Dr.-Ing. Martina Lange
→ Telefon 05331 939-10700, Fax 05331 939-10702
→ martina.lange@ostfalia.de

Hochschule Emden/Leer Wissens- und Technologietransfer

→ Anna Benjamins
→ Telefon 04921 807-1385
→ anna.benjamins@hs-emden-leer.de

Hochschule Hannover Stabsstelle Forschung, Entwicklung und Transfer

→ Elisabeth Fangmann
→ Telefon 0511 9296-1019, Fax 0511 9296-991019
→ forschung@hs-hannover.de

HAWK Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst Hildesheim/Holzwinden/Göttingen Forschung und Transfer

→ Lars ten Bosch
→ Telefon 05121 881-264
→ lars.bosch@hawk.de

Jade Hochschule Wilhelmshaven/ Oldenburg/Elsfleth Wissens- und Technologietransfer

Studienort Wilhelmshaven
→ Prof. Dr.-Ing. Thomas Lekscha
→ Telefon 04421 985-2211, Fax 04421 985-2315
→ thomas.lekscha@jade-hs.de

Studienort Oldenburg
→ Christina Schumacher
→ Telefon 0441 7708-3325, Fax 0441 7708-3198
→ schumacher@jade-hs.de

Studienort Elsfleth
→ Bernhard Schwarz-Röhr
→ Telefon 04404 9288-4283
→ bernhard.schwarz-roehr@jade-hs.de



Impressum

Herausgeber
Arbeitskreis der
Technologietransferstellen
niedersächsischer Hochschulen

Redaktion
Christina Amrhein-Bläser
uni transfer
Leibniz Universität Hannover
Brühlstraße 27, 30169 Hannover
Telefon 0511 762-5728
Fax 0511 762-5723
christina.amrhein-blaeser@
zuv.uni-hannover.de

Redaktionelle Mitarbeit
Susanne Oetzmann

Gestaltung
büro fuchsundhase, Hannover

Die Bildrechte liegen bei den genannten Instituten, außer Seite 3: Dr. Sergej Zerr, L3S (links), C. Bierwagen, TIB (rechts); Seiten 4 und 5 links: Abcalis GmbH; Seite 5 rechts: Michael Hust, TU Braunschweig; Seite 6 rechts unten: BFM, Charité Berlin; Seite 7 links: Karin Kaiser, MHH; Seite 8 unten: Blankart, von Kodolitsch, Wick; Seite 10: A. Seifert, TIB (links), Allard Oelen (rechts); Seite 11: Sonja Smalian, PhoenixD; Seiten 12 und 13: Reactive Robotics; Seite 14: Centers for Disease Control and Prevention (CDC); Seite 15 unten: Michael Nusser; Seite 19: Bayer AG; Seite 20: visueelvergaderen.nl; Seite 22: Pixabay.com, CC0 Creative Commons (links), Friedrich Wilhelm Bauer (rechts); Seite 23: ICoM/DiMaRB; Seite 24 oben links: Enercity.

Wir danken dem
Niedersächsischen Ministerium
für Wissenschaft und Kultur für
die finanzielle Unterstützung.

Gedruckt auf
FSC-zertifiziertem Papier.

Die Online-Ausgaben der bisher
veröffentlichten Technologie-
Informationen niedersächsischer
Hochschulen finden Sie unter
www.uni-hannover.de/unitransfer.
Dort können Sie das Magazin auch
kostenfrei abonnieren.

Themen der vorigen vier Ausgaben
→ Leben mit künstlicher
Intelligenz, 2/2020
→ Smart produzieren, 1/2020
→ Landwirtschaft innovativ, 3/2019
→ Neue Sicht aufs Licht, 2/2019



Erweitern Sie Ihren Horizont!

Passende Kooperationspartner finden Sie mit dem
Enterprise Europe Network Niedersachsen.

www.een-niedersachsen.de