



# ErdRaum





Jetzt  
bewerben.

## Ich glaube an kreative Lösungen für jede techno- logische Herausforderung.

Wir auch. Bei der Erste Group zu arbeiten bedeutet, unsere Leidenschaft für innovative Ideen und moderne Produkte zu teilen, sich gemeinsam mit uns weiterzuentwickeln und damit zu einer höheren Kundenzufriedenheit beizutragen. Bewerben Sie sich unter [erstegroup.com/karriere](https://erstegroup.com/karriere)

**ERSTE**   
Group

#glaubandich

## Editorial

# Stadt, Land, Fluss – All(es).

**D**ie Erde, der Weltraum, unendliche Weiten. Wir schreiben das Jahr 2018. Dies sind die Abenteuer der TU Wien, die mit ihrer 5000 Frau und Mann starken Besatzung seit 202 Jahren unterwegs ist, um neue Welten zu erforschen. Zugegeben, das ist ein Zitat, leicht adaptiert. Aber es sind auch die realen, leitenden Gedanken bei unserer täglichen Arbeit.

Der wissenschaftliche Griff nach den Sternen und die Erforschung unseres Planeten tun dringlich Not. Ressourcen, die unser Dasein bestimmen, neigen sich dem Ende zu. Das Klima wandelt sich, die Folgen sind dramatisch und doch kaum abzusehen. Immer mehr Menschen drängen sich auf einem begrenzten Raum. Ein Raum, der Fragen aufwirft. Wie befriedigen wir das wachsende Bedürfnis nach Energie und Mobilität, ohne dabei die Natur rücksichtslos auszubeuten? Wie halten wir Luft und Wasser, die Urquellen unseres Lebens auf der Erde, sauber? Welche Technologien müssen wir entwickeln, um den richtigen Weg zu gehen?

In diesem Magazin stellen wir die Arbeit der Forscher\_innen der TU Wien vor, die tagaus, tagein damit beschäftigt sind, Antworten auf diese Fragen zu suchen und zu finden. In zwei Themenblöcken fokussieren wir auf intelligente Lösungen für lebenswerte Städte sowie den Schutz von lebensnotwendigen Ressourcen. Als inhaltliche Klammer dient der Weltraum als „Forschungsstation“, der nicht nur unsere Neugierde per se weckt, sondern vor allem einen ungeheuer wertvollen Blick auf uns selbst von außen ermöglicht.

Wie sagt doch so schön Österreichs einziger Kosmonaut, Franz Viehböck, im Schlussinterview dieses Magazins: „Vieles ergibt erst einen Sinn, wenn man das große Ganze in den Blick bekommt.“ In diesem Sinne ...

... wünsche ich Ihnen viel Vergnügen bei der Lektüre,  
Ihre Sabine Seidler, Rektorin der TU Wien



## Inhalt

- 06 Architektur im Raum der Welten.**  
Dorf am Mond und Reise zum Mars
- 10 Der smarte Weg zur lebenswerten Stadt.**  
Intelligente Technologien für geballte Räume
- 14 Urbane Raumplanung, sozial gesehen.**  
Open University in Neu Marx
- 17 Fact News.**  
Fünf Zahlen zum Städtischen
- 18 Am Trendpuls der Mobilität.**  
Experimentierfeld Seestadt
- 24 Richtung Plus in der Energiebilanz.**  
Gebäude, eine Frage der Energieeffizienz
- 28 Die Suche nach verborgenen Schätzen.**  
Urban Mining, über das Aufspüren und Wiederverwerten
- 31 Fact News.**  
Vier Zahlen zu Ressourcen
- 32 Quell der Gesundheit.**  
Vom Grundwasser zum Trinkwasser
- 35 Hochwasserschutz.**  
Steigt das Wasser, ist der Mensch gefordert
- 38 Beobachtungsposten Weltall.**  
Klimafragen, aus der Ferne betrachtet
- 42 Mit Blick auf das große Ganze.**  
Kosmonaut Franz Viehböck im Interview

### Impressum:

**Medieninhaber und Herausgeberin:** Technische Universität Wien, Karlsplatz 13, 1040 Wien

O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Sabine Seidler, Rektorin

**Produktion:** „Die Presse Verlags-GmbH & Co KG, Hainburger Straße 33, 1030 Wien; Geschäftsführung: Mag. Herwig Langanger, Rainer Nowak, Dr. Rudolf Schwarz

**Umsetzung:** „Die Presse“-Spezialredaktion, Mag. Astrid Müllner, Mag. Michael Köttritsch, MA.

**Koordination und Redaktion:** Christian Lenoble, christian.lenoble@diepresse.com

**Fotos:** iStock, Canstockphoto (Cover), Fotolia (5, 22), Astrid Strak (14), OPENmarx (16), larashare (20), Flughafen Wien (26), Asi/Land Tirol/BH Landeck (35), ESA (38, 40), Viehböck (42)

**Illustrationen:** Claudia Meitert

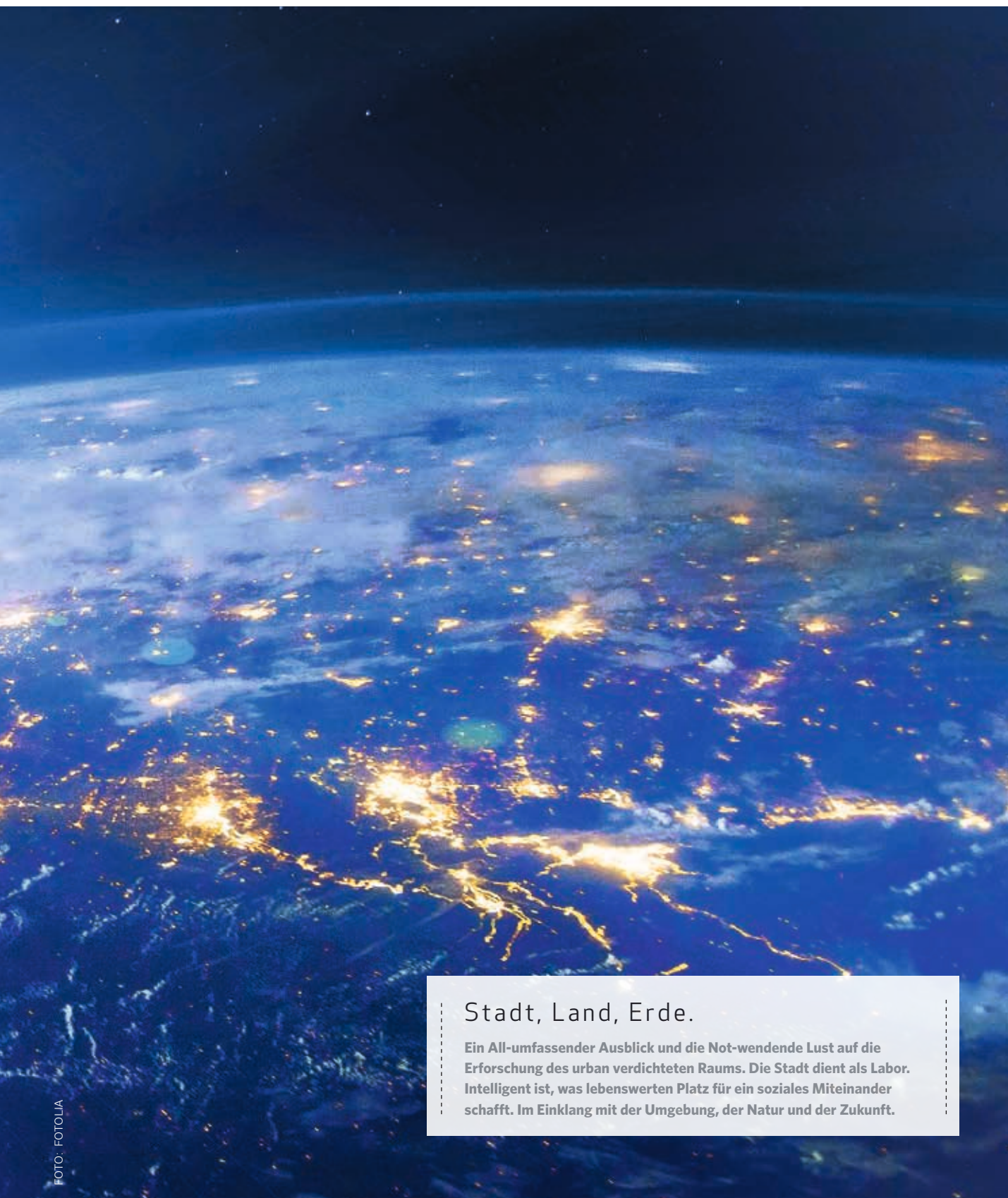
**Chefredaktion TU Wien:** Bettina Kunnert, MAS, bettina.kunnert@tuwien.ac.at.

**Verkauf:** Dipl.-Ing. Michael Kaiser, campuswerbung@tuwien.ac.at, +43/(0)1/588 01 40 68 02.

**Art Direction:** Matthias Eberhart; **Grafik/Produktion:** Patricia Varga, Christian Stutzig, Alexander Schindler

**Druck:** DruckStyria GmbH & Co KG; Styriastraße 20, 8042 Graz.



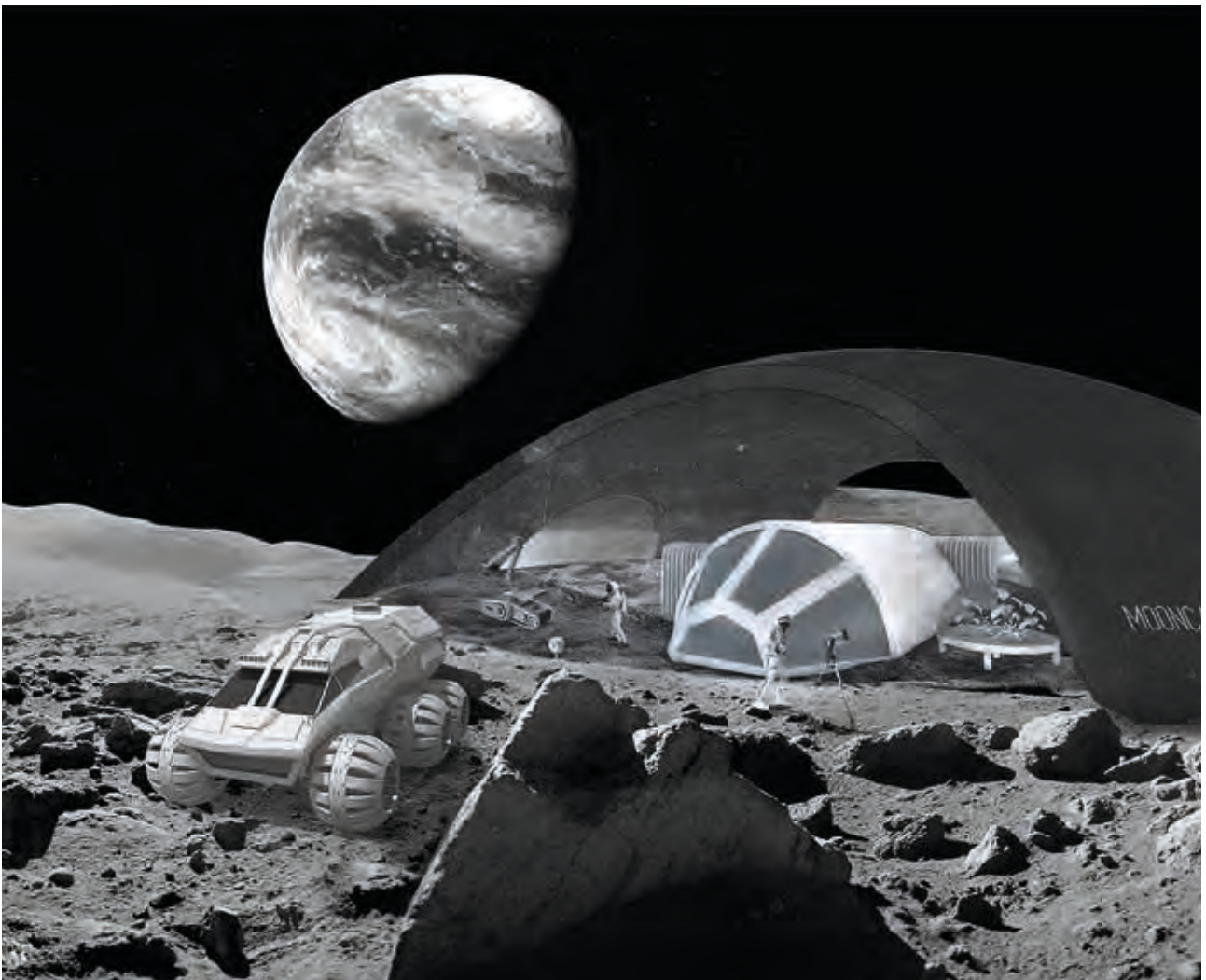


## Stadt, Land, Erde.

Ein All-umfassender Ausblick und die Notwendende Lust auf die Erforschung des urban verdichteten Raums. Die Stadt dient als Labor. Intelligent ist, was lebenswerten Platz für ein soziales Miteinander schafft. Im Einklang mit der Umgebung, der Natur und der Zukunft.

# Mond und Mars. Architektur im Raum der Welten.

Für 2035 sind die ersten besiedelten Mondbasen vorgesehen. Raumfahrtbehörden planen gleichzeitig eine Landung von Astronauten auf dem Mars. Die Forschung konzentriert sich dabei nicht nur auf „Raketentechnologien“. Gefordert ist im Weltraum auch eine besondere Art der Architektur.



**D**ie Rakete schießt am 16. Juli 1969 in den Himmel. Lift-off für die Mission Apollo 11. An Bord sind mit Neil Armstrong, Edwin Aldrin und Michael Collins drei amerikanische Astronauten. Fünf Tage später, am 21. Juli, steigt Armstrong bedächtig die Leiter seines Raumfahrzeugs hinab. Es ist vier Uhr morgens mitteleuropäischer Zeit, als er als erster Mensch einen Fuß auf den Mond setzt und von einer Oberfläche berichtet, die so fein wie Puder sei. Den kleinen, großen Schritt verfolgen rund 500 Millionen Erdenbürger gebannt vor dem Fernsehgerät. „Wir kamen in Frieden für die Menschheit“ steht auf der Plakette, die die Amerikaner am Mond zurücklassen. Zehn weitere Astronauten sollten bis 1972 den Mond noch betreten. Danach wurde es still um den Erdtrabanten.

### Ein Dorf auf dem Mond

Geht es nach den Plänen der europäischen Weltraumorganisation ESA, könnte es um die Stille in Zukunft geschehen sein. Seit 2016 verfolgt man die Idee eines Dorfes auf dem Mond. Unter dem „Moon Village“ wurde dabei anfänglich weniger ein Bauprojekt und eine Siedlung mit Häusern, Shops und Gemeinschaftszentren verstanden als vielmehr eine Einladung an die wissenschaftliche Community dieser Welt, dem Thema Mond ihre Aufmerksamkeit zu schenken. Inzwischen haben sich die Pläne konkretisiert. „Die Zeit ist reif für einen internationalen Außenposten auf dem Erdtrabanten“, sagt ESA-Generaldirektor Jan Wörner. Piero Messina vom Strategy Department der ESA spricht bereits von wirtschaftlich Relevantem, wenn er an Menschen und Roboter denkt, die gemeinsam an der Gewinnung und Verarbeitung von Ressourcen arbeiten: „Ein ganzes Industrie-Ökosystem könnte auf dem Mond entstehen.“ Fachleute wie die Juristin und Expertin für Weltraumrecht Irmgard Marboe von der Universität Wien gehen davon aus, dass „Privatunternehmen künftig große Investitionen rund um Mondprojekte vornehmen und dafür auch rechtliche Sicherheit erhalten werden“. Dazu passend plant die in Wien stationierte Moon Village Association, eine interdisziplinäre NGO mit 150 Mitgliedern aus 34 Ländern, die Einrichtung eines Forums, um alle potenziellen Interessenten an einem Monddorf an einen Tisch zu bringen. Wie so ein Dorf aus architektonischem Blickwinkel aussehen könnte, dazu macht man sich auch an der TUW Gedanken. „Mit der Besiedelung des Mondes – mein Lieblingsthema – befassen wir uns bereits seit

2011. Am konkreten Projekt Moon Village haben unsere Studierenden ein ganzes Semester lang intensiv gearbeitet“, erzählt Sandra Häuplik-Meusburger vom Institut für Architektur und Entwerfen.

### Ein Gefühl von „zu Hause“

„Startpunkt für unsere Designarbeiten waren Überlegungen zu den Randbedingungen vom Bauen und Leben auf dem Mond. Vorträge und Input von Weltraumexpert\_innen begleiteten diesen Prozess. Die Studierenden entwickelten Szenarien und in Folge ein architektonisches Konzept mit all seinen technologischen und operationalen Anforderungen, die an ein multikulturelles und offenes Projekt zu stellen sind“, so Häuplik-Meusburger. Geleitet wurden die Arbeiten von der Fragestellung, wie man eine lebensfreundliche Umgebung zu einem Ort machen kann, der ein Gefühl von „zu Hause“ vermittelt.

Bei der kürzlich im TU-Festsaal abgehaltenen Präsentation wurden mögliche Antworten vorgestellt. Zu sehen waren unter anderem Modelle und Skizzen des Moon Campus, wo künftige Wissenschaftsastronauten für ihre Missionen trainieren sollen, des experimentellen Food Laboratory, in dem das Essen und Kochen im Vordergrund steht, oder des Additive-Manufacturing-Labors der Forschungsstation „Kraterhausen“. Während im Food Lab geforscht wird, welche Pflanzen auf dem Mond einsetzbar sind und welche Phasen des künstlichen Gewächshauses vom Pflanzen

bis zur Ernte und zur Wiederverwertung, durchlaufen werden, steht Kraterhausen für eine Forschungsstation, wo die Ressourcen des Kraters (vor allem Wasser und Regolith) verwendet werden können. Angedacht wurden neben statischen Behausungen zudem mobile Raumstationen (Sundial Explorer), mit denen

Raumfahrer wie Nomaden über den Mond ziehen, um der Sonne zu folgen und stets mit ausreichend Solarenergie versorgt zu sein.

„Im Vordergrund der Übungen stand neben der Wissensvermittlung die Aufforderung an die Studierenden, eigenständige Konzepte als Antwort auf die extremen Randbedingungen zu entwickeln“, resümiert Häuplik-Meusburger. Erkenntnisse im Rahmen des Mondprojekts ließen sich zudem anderwertig fruchtbar verwenden: „Man kann hier nicht schummeln. Durch die Auseinandersetzung ist ein Perspektivenwechsel notwendig geworden, der das Neudenken und Lösen von Entwurfs Herausforderungen im Allgemeinen angeht.“

### „Die Zeit ist reif für einen internationalen Außenposten auf dem Mond.“

Jan Wörner

# Der Mensch im Fokus.

Was leistet Architektur im Weltraum und warum ist das menschliche Element bei All-Missionen zumindest so wichtig wie die Berechnung von Raketenflugbahnen. Interview mit TU-Architektin und -Weltraumexpertin Sandra Häuplik-Meusburger.



Sandra Häuplik-Meusburger,  
Senior Lecturer am Institut für  
Architektur und Entwerfen

**Wer von Weltraummissionen spricht, denkt an hochkomplexe Raketentechnologie. Sie legen den Fokus hingegen seit Jahren auf Fragen der Architektur. Ist das so wichtig?**

Bei langen Weltraummissionen ist nicht nur eine verlässlich funktionierende Technik entscheidend, auch das psychische und soziale Wohlbefinden der Menschen an Bord wird zur Überlebensfrage. Daher braucht man in Raumfahrzeugen und in künftigen Behausungen auf dem Mond oder am Mars gute, durchdachte Architektur.

**Geht es beim Überleben nicht vielmehr um Sauerstoffversorgung, Wasser, Nahrung oder technische Einrichtungen?**

Für die Apollo-Missionen zum Mond, die bloß einige Tage dauerten, war es ausreichend und zielführend, sich auf die Erfüllung fundamentaler Grundanforderungen zu reduzieren. Längere Weltraumreisen – und bei Marsreisen sprechen wir von 1000 Tagen oder mehr – lassen sich so kaum überstehen. Menschen sind nun mal komplexere Gebilde mit höheren Ansprüchen als Lunar- oder Marsfahrzeuge. Es ist fantastisch, dass wir die Bahn von Raumfahrzeugen mit ungeheurer Präzision vorherberechnen können. Aber wenn wir das menschliche Element der Mission nur vage berücksichtigen, werden große Missionen gefährdet.

**Was versteht man unter Architektur im Weltraum?**

Gute Architektur heißt, gewöhnliche und alltägliche Bedürfnisse von Menschen zu verstehen und mit ihrer Umgebung abzustimmen. Wichtig sind bei längeren Reisen private Rückzugsmöglichkeiten. Die Möglichkeit muss dafür baulich gegeben sein. Von großer Bedeutung ist aber auch die Förderung von Gemeinschaft, etwa in Form von einem passenden Raum für das gemeinsame Abendessen. Und es kommt auf Flexibilität an, zum Beispiel in Form von Einrichtungsgegenständen, die verschiedene Zwecke erfüllen und von der Crew adaptiert werden können. Das gilt insbesondere bei permanenten Behausungen, die das Leben und Überleben auf dem Mond oder auf dem Mars dauerhaft ermöglichen sollen. Gute Architektur kann durch gebauten Raum soziale Prozesse unterstützen, anstatt sie zu behindern.

**Da könnte man den Bogen vom Weltraum zurück auf die Erde spannen.**

Ja, weil Weltraumarchitektur nicht bloß ein spannendes Forschungsgebiet ist, sondern auch eine wunderbare Art, junge Architekt\_innen mit allgemein wichtigen Fragen zu befassen. Die Auseinandersetzung mit ungewohnten Umgebungsbedingungen und sozialen Komponenten fördert die Beschäftigung mit grundsätzlichen Fragen zum Wohnen, Leben und Arbeiten. Darüber hinaus lernt man, mit Leuten aus anderen Fachgebieten zusammenzuarbeiten – etwa mit Ingenieuren. Während Letztere sich einem Thema oft auf sehr zielgerichtete und geradlinige Art annähern, ist der Entwurfs- und Entscheidungsprozess in der Architektur oftmals iterativ und spiralförmig vom Großen ins Kleine. In der Weltraumarchitektur braucht man beides.



## LESEN & LERNEN

Nachdem Sandra Häuplik-Meusburger in „Architecture for Astronauts“ Forschungsergebnisse an der Schnittstelle zwischen Mensch, Weltraum und Objekten in einer extraterrestrischen Umgebung thematisiert hat, gibt sie in ihrem neuesten Buch „Space Architecture, Education for Engineers and Architects“ (Co-Autorin Olga Bannova) detaillierte Informationen über Arbeits- und Designprozesse in der Raumtechnologie preis.

Im Lehr-Modul „Emerging Fields in Architecture“ (Hochbau 2) wird aktuelles Wissen aus sogenannten „Entwicklungsgebieten“ in architektur- und ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen vermittelt. „Wichtig ist mir dabei“, so Häuplik-Meusburger, „die Förderung eines interdisziplinären Denkprozesses und des Dialogs mit anderen Ingenieurdisziplinen.“ [www.hb2.tuwien.ac.at](http://www.hb2.tuwien.ac.at)

**Mohammad Elzahaby, Master**

„Am Mond zu bauen ist eine interdisziplinäre Aufgabe, die über die Funktion eines Architekten hinausgeht und technisches Wissen in Biologie, Physik, Chemie und vielen anderen Disziplinen verbindet. Damit wollen wir nicht nur bewohnbare Räume kreieren, sondern auch zeitlose, freie, fröhliche Räume für alle möglichen Aktivitäten im Leben eines Mondbewohners.“



----- ➔ Während an der friedlichen „Eroberung“ des Mondes gearbeitet wird, befassen sich weltweit Wissenschaftler\_innen nahezu aller Fachdisziplinen auch mit einem ungleich schwieriger zu erreichenden Zielobjekt. Die Rede ist vom Mars, dessen Abstand zur Erde – je nach Verlauf der elliptischen Bahnen von Erde und Mars – zwischen 56 und 401 Millionen Kilometer beträgt (zum Vergleich: Der Mond ist von der Erde „nur“ rund 380.000 Kilometer entfernt).

### Mission Mars: drei Jahre im Weltall

Während der Erdtrabant von Menschen in knapp fünf Tagen erreichbar ist, sind für eine bemannte Marsmission mit Hin- und Retourflug sowie Aufenthalt vor Ort (für die Rückreise muss abgewartet werden, dass Mars und Erde sich wieder nähern) in etwa drei Jahre zu veranschlagen. Wie sich diese Zeitspanne auf die menschliche Physis und Psyche auswirkt, wird seit Jahren im Rahmen der HI-SEAS-Missionen (Hawaii Space Exploration Analog and Simulation, Kooperation der Universität Hawaii und der NASA) simuliert. Das Experiment: Crews von Wissenschaftler\_innen verbringen acht oder zwölf Monate lang in einer Kuppel (elf Meter Durchmesser, sechs Meter Höhe) sowie in einer 15 Quadratmeter großen Werkstätte. Die Bewohner sind von der Außenwelt großteils isoliert, ein Verlassen der Räume erfordert das Anlegen von Raumanzügen, Kommunikation mit außen findet mit ca. 20 Minuten Verspätung statt. Die Forschungsschwerpunkte lagen bis dato auf ernährungswissenschaftlichen Aspekten, Gruppenzusammenhalt und -Performance, Untersuchungen über Isolation sowie Risiken von Spannungen in sozialen Gruppen und deren Auswirkungen auf die gemeinsam zu erledigende wissenschaftliche Arbeit.

Dass psychologische Schwierigkeiten zu den größten Hindernissen auf dem Weg zur erfolgreichen Marsmission gehören, weiß auch Häuplik-Meusburger, die das seit 2015 andauernde NASA-Projekt wissenschaftlich begleitet. Ihre Forschungsfrage stellt sie sich seit Jahren aus Sicht einer Architektin: Wie kann man ein Mars-Habitat so gestalten, dass es auf kleinstem Raum für alle funktionell ist und man sich dort trotzdem wohlfühlt. „Soziale Konflikte dürfen nicht negiert werden, sondern brauchen Raum – man kann schließlich nicht nach draußen gehen und kurz Luft schnappen. Ein ganz wichtiges Thema ist deshalb immer die Privatsphäre. Man braucht beim Design eines Habitats halbprivate Räume, in denen man sich etwa mit einer zweiten Person treffen kann“, erklärt die TUV-Forscherin. Positiv wurde in den HI-SEAS-Test-

Das TU Wien-Space Team dient u. a. als Plattform von Studierenden für Studierende, die sich für Projekte der Luft- & Raumfahrttechnik interessieren



reihen ein Gemeinschaftsteil bewertet, der etwas großzügiger und deutlich höher angelegt war als der Rest. Die empfundene Freiheit verbesserte laut Aussagen der Proband\_innen die Stimmung im Team. „Wir haben gelernt, dass es in Sachen Architektur viele Dinge gibt, auf die man beim Planen für eine Weltraummission achten muss – ob an den Schallschutz, an passende Fenster, um gemütlich nach draußen schauen zu können, oder an ein ausreichendes Angebot für Sitzplätze in Gemeinschaftsräumen“, so Häuplik-Meusburger. Gedanken darüber, wie eine Notunterkunft für künftige Astronauten auf dem Roten Planeten aussehen könnte, hat man sich etwa schon 2013 gemacht, als TUV-Masterstudent\_innen den Prototypen einer auffaltbaren Notbehausung konstruiert und in der Wüste von Marokko erfolgreich getestet haben. „Der Erfolg einer technisch und wissenschaftlich hoch komplexen Marsmission“, so Häuplik-Meusburger, „kann letztlich durch scheinbar belanglose Kleinigkeiten entschieden werden.“ ●

## Das TU Wien Space Team

Mit dem Space Team gibt es seit 2010 eine studentische Arbeitsgruppe mit Themenschwerpunkt Luft- und Raumfahrttechnik, die mittlerweile auf 70 Mitglieder angewachsen ist. Entworfen werden Fluggeräte aller Art, mit denen an internationalen Wettbewerben teilgenommen wird. Dank erfolgreicher Kooperationen, z. B. mit den Part Time Scientists, der Universität Würzburg oder der FH Wiener Neustadt, werden auch komplexe Projekte professionell umgesetzt.

**Christoph Fröhlich, Doktoratsstudent,  
Präsident des TU Wien Space Teams**

**„Hier treffen sich Enthusiasten. Die Projekte reichen vom Kleinstsatelliten bis zu Suborbitalraketen mit selbst entwickeltem Triebwerk.“**



# Der smarte Weg zur lebenswerten Stadt.

Intelligente Geräte, die mit ebensolchen Menschen kommunizieren. Physische Welten, die mit virtuellen verschmelzen. Visualisierungstools, die Städte als digitales Modell veranschaulichen, um interdisziplinäre Planung zu ermöglichen. Die Suche nach der smarten Nachhaltigkeit in urbanen Ballungsräumen.

Schahram Dustdar, Leiter des Forschungsbereichs Distributed Systems, Institut für Information Systems Engineering



**A**lles wird smart, alles wird besser. So lauten die Verheißungen der Proponenten einer intelligenten Stadt. Und es scheint angebracht, hochintelligente Lösungen in einer Welt zu finden, die sich gleichermaßen urbanisiert wie digitalisiert. Wenn immer mehr Menschen in einem verdichteten Raum mit einer immer leistungsfähigeren digitalen Technologie leben, liegt die Definition des Begriffs „smart“ für Expert\_innen auf der Hand. „Es gilt, die Interaktion zwischen Menschen und intelligenten Geräten zu ermöglichen“, bringt es Schahram Dustdar, Leiter des Forschungsbereichs Distributed Systems an der TUW-Fakultät für Informatik, auf den Punkt.

Das intelligente Miteinander von Menschen und Geräten ist etwa das Ziel des von der EU geförderten Projekts SMART-FI, eine Plattform, die als Grundlage zur Realisierung von Smart Cities dient. Speziell das Sammeln, Verbreiten und Verarbeiten von Daten, die durch vernetzte Geräte zur Verfügung gestellt werden, soll erleichtert und effizient gestaltet werden. Die Distributed Systems Group (DSG) der TUW ist einer der technischen und wissenschaftlichen Hauptpartner in diesem Projekt. Eine entscheidende Rolle kommt ihr in der Entwicklung von Modellen zur Implementierung von Daten-Analyse-Funktionen zu. Die Lösungen, die durch die SMART-FI-Plattform zur Verfügung gestellt werden, sollen einen wesentlichen Einfluss auf die Verwaltung und Optimierung der wichtigsten Aspekte von zukünftigen Smart Cities haben, ob in Transportfragen, beim Thema Energiehaushalt oder im öffentlichen Dienst.

### Autonomes Nervensystem

„Grundsätzlich stehen wir vor der Frage, wie sich die virtuelle Welt mit der physischen verbinden und wie reibungslos sich dieser Übergang gestalten lässt“, sagt Dustdar. Ziel sei es, ein autonomes Nervensystem zu kreieren, bei dem alles nahtlos und in Echtzeit ineinandergreift: „Wir haben also die Idee eines Internet of Things, in dem physische Objekte von den eigenen vier Wänden daheim bis hin zu den verzweigten Industrieproduktionsstrecken lernen, miteinander zu sprechen und Daten auszutauschen.“ Noch wird die Realisierung dieser Vision vom Problem einer einfachen Integration der Systeme untergraben. Was es braucht, ist der nächste Evolutionssprung, sprich die Kontrolle über Ressourcen und Datenaustausch.

Die Smart City Aspern gilt dabei als wegweisendes Projekt. In der Seestadt wird seit Oktober 2017 (regulärer Produktionsstart) in der Pilotfabrik (pilotfabrik.tuwien.ac.at) die Kollaboration zwischen Mensch und

Maschine erprobt. Mit Schwerpunkt Industrie 4.0 passieren hier Grundlagenforschung, anwendungsorientierte Forschung in Kooperation mit der Wirtschaft, forschungsgeleitete Lehre und Weiterbildung. Im Fokus steht die Entwicklung von Prototypen und Produkttechnologien, Verfahrenstechnologien und -prozessen bis zur Marktreife. Voraussetzung dafür ist es, Maschinen kommunizierfähig zu machen und sie in „Tweeting machines“ zu verwandeln. Die Seestadt gilt als einzigartiges Testfeld für ein smartes Wien als Produktionsstandort von heute und morgen.

### GLOSSAR: Smartes Stadt-Vokabular

Die „Smart City“ taucht als Begriff erstmals Mitte der 1990er-Jahre auf. Mittlerweile ist es ein Buzzword für all jene Handlungsfelder, die ein effizientes, intelligentes und ressourcenschonendes Leben in Städten ermöglichen sollen. Ein Schnellüberblick über smarte urbane Zielsetzungen:

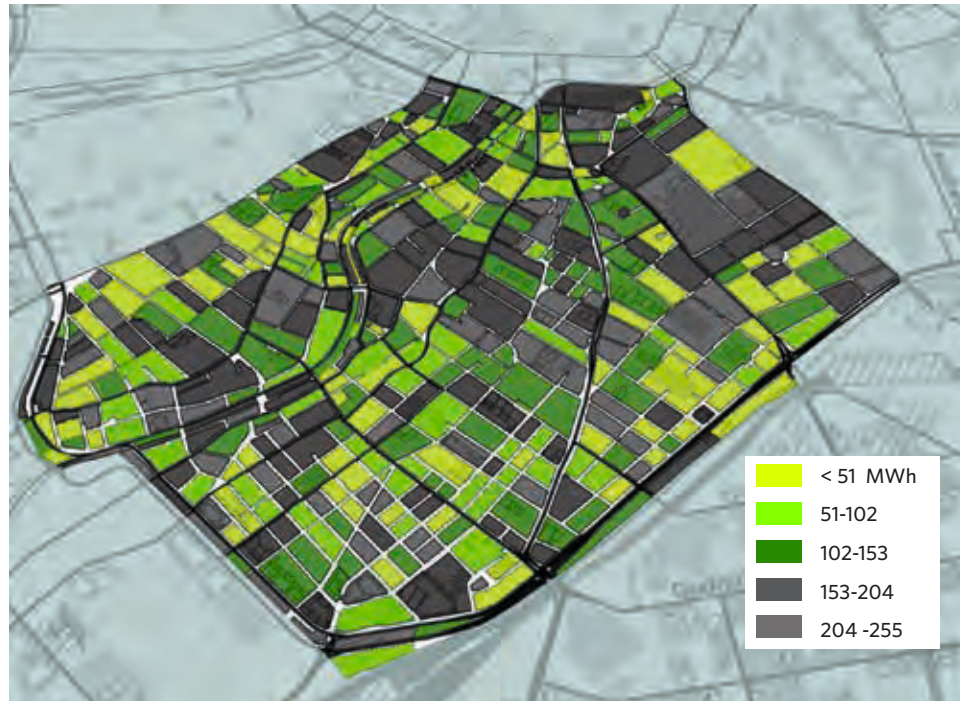
- # **Smart Economy:** Nutzung der Datenpotenziale von Städten, um bestehende Branchen zu stärken und neue zu entwickeln.
- # **Smart Governance:** Vertiefte Partizipation der Bürger\_innen und Entwicklung neuer Wege der digitalen Beteiligung in der Verwaltung.
- # **Smart People:** Entwicklung digitaler Kompetenzen der Stadtbewohner\_innen, um sie aktiv-kreativ in die Stadtgestaltung miteinzubeziehen.
- # **Smart Environment:** Lösungen für einen geringeren Verbrauch von Energie und Ressourcen, Einbindung erneuerbarer Energien, effiziente Abstimmung von Energieangebot und -nachfrage.
- # **Smart Mobility:** Reduktion der Umwelt- und Lärmbelastungen durch Verkehr, Optimierung des Verkehrsflusses, Entwicklung alternativer Konzepte (z. B. Stadt der kurzen Wege, autonome und emissionsfreie Transporte, ...).
- # **Smart Living:** Stärkere Einbindung von intelligenten Geräten und Anwendungen, um die Lebensqualität zu Hause zu verbessern.

### Nachhaltige Dissertationen

Um die Vision der Smart City Wien Wirklichkeit werden zu lassen, kooperiert die TUW seit 2012 auch mit den Wiener Stadtwerken (2017 wurde der Vertrag um weitere fünf Jahre verlängert). Mehr als 90 Projekte, die sich vor allem mit Zukunftsfragen der Mobilität und der Energieversorgung in der Stadt und der Weiterentwicklung der Energieversorgung beschäftigen, wurden vereinbart bzw. bereits in die Tat umgesetzt.

Als größter Erfolg der Zusammenarbeit der beiden Institutionen gilt bislang das Doktoratskolleg URBEM (Urbanes Energie- und Mobilitätssystem). Wie viel Energie brauchen wir 2050? Aus welchen Quellen und in welcher Form soll sie erzeugt werden? Wie bewegen wir uns durch die Stadt? Und wie plant man heute die nachhaltige und lebenswerte Stadt von morgen? So lauteten zentrale Fragestel- - - - ➔

Datenfluten bildhaft darstellen  
– am Beispiel der Visualisierung  
des farblich herausgearbeiteten  
Energiebedarfs eines Bezirksteils



lungen, die zehn Doktorand\_innen der TUW gemeinsam mit den Wiener Stadtwerken sechs Semester lang erforscht und beantwortet haben. „Schlussendlich wurde am Beispiel Wien ein mit Echt-daten validierter Prototyp einer virtuellen Stadt entwickelt. Das Resultat ist eine interaktive IT-Umgebung, in der man Varianten für den Weg zu einer nachhaltig versorgungssicheren, leistbaren und lebenswerten Stadt analysieren kann. Und das ganzheitlich und interdisziplinär“, erklärt Thomas Bednar, wissenschaftlicher Leiter von URBEM. Das neue Werkzeug kann in Zukunft sowohl für Detailplanungen als auch für Stadtplanungsszenarien eingesetzt werden. Von Interesse sind die Ergebnisse sowohl für Raumplaner und Infrastrukturbetreiber als auch für Energieversorger oder Bauträger.

### Datenflut im Überblick

Damit Personen aus unterschiedlichen Disziplinen gemeinsam Lösungen erarbeiten, auf die sie allein womöglich nicht gekommen wären, braucht es zudem Wege, die endlose Daten- und Informationsflut anschaulich zu gestalten. „Mir ging es darum, das Sichtbare unserer gebauten Welt darzustellen, aber auch das Unsichtbare, etwa am Beispiel von Stoffströmen, sichtbar zu machen“, sagt dazu Julia Forster. In ihrer mit dem TUW-Resselpreis ausgezeichneten

Julia Forster, Architektin am Department für Raumplanung und Trägerin des Resselpreises der TUW



Dissertation am Department für Raumplanung (im Rahmen des URBEM-Projekts) entwickelte die Architektin neue Visualisierungskonzepte und Berechnungsalgorithmen, die unüberblickbar viele Einzelinformationen auf einer Kommunikationsplattform verknüpfen und übersichtlich darstellen. Was eine Basisvoraussetzung für interdisziplinäre Zusammenarbeit ist, dient zugleich als Lösungsweg, um komplexe Planungsprobleme der Stadtentwicklung in den Griff zu bekommen – ob auf der Ebene einzelner Häuser, größerer Gebäudekomplexe oder ganzer Bezirksteile. Das Ergebnis versteht sich als Konzept zur Verortung von Daten und Anbindung von Informationen an

**„Mir ging es darum,  
das Sichtbare und das  
Unsichtbare unserer  
gebauten Welt anschaulich  
darzustellen.“**

Julia Forster

Objekte im virtuellen Raum. Entstanden ist ein digitales Modell der Stadt am Beispiel Wien. Der Prototyp stellt webbasiert, multiskalar und interaktiv Informationen der Stadt bereit. „Wenn Planungs- und Entscheidungsfindungen kooperativ geschehen sollen, hilft die Visualisierung als Strukturgeber. So lassen sich Prozesse organisieren, anleiten und repräsentieren. Die Visualisierung ist somit sowohl Forschungsraum und Datenspeicher als auch Organisations- und Speicher-tool“, so Forster.

Innovativ ist an den Forschungsergebnissen aber nicht nur die Entwicklung und Anwendung eines grafischen Tools. Einen neuen Zugang schafft Forster ebenfalls in Bezug auf die Möglichkeiten, einen Überblick über urbane Flächenreserven zu gewinnen. Wenn Potenziale zur Nachverdichtung städtischer Räume automatisiert freigelegt und dargestellt werden können, schreibt sich das perfekt in die Anforderungen einer Smart City ein. Denn wo die Flächennachfrage für Wohnen und Arbeiten stetig zunimmt und die schwindende Ressource Boden sowie der steigende Energiebedarf nachhaltige Entscheidungen dringend notwendig machen, sind Modelle für intelligente, interdisziplinäre Planungen gefragt denn je. ●

## KURZ & BÜNDIG: Das simlab

Im Stadtraum-Simulationslabor (simlab) am TUW-Department für Raumplanung werden mittels digitaler Werkzeuge räumliche Informationen in Echtzeit dreidimensional und interaktiv aufbereitet. Die Erstellung von urbanen Raumübersichten ermöglicht es, Szenarien und Lösungswege zu erproben, Wechselwirkungen zu erkennen sowie Eingriffe und deren Auswirkungen zu überprüfen. 3D-Simulationen und Visualisierungen liefern einen entscheidenden Beitrag für die strategische Stadtplanung und -entwicklung.

## Technische Universität Wien Die beste Weiterbildung für Ihre Karriere

Aktuellstes  
Wissen

General Management MBA  
Professional MBA Automotive Industry  
Professional MBA Entrepreneurship & Innovation  
Professional MBA Facility Management

Exzellente  
Vortragende

MSc Engineering Management  
MSc Environmental Technology & International Affairs  
MSc Immobilienmanagement & Bewertung  
MSc Renewable Energy Systems

Einzigartiges,  
internationales  
Netzwerk

MEng Nachhaltiges Bauen

Berufs-  
begleitend &  
praxisnah

ULG Immobilienwirtschaft & Liegenschaftsmanagement  
ULG Industrial Engineering  
ULG Nachhaltiges Bauen

Internationale  
Akkrediti-  
erungen



*Informieren Sie  
sich jetzt!*



## Offenheit. An einem Platz von Bedeutung.

**Eine Open University als ortlose Institution und ein Mobiles Stadtlabor als Raum für die Entwicklung gemeinsamer Ideen. Urbane Raumgestaltung und Bildungsort mit integrativem Charakter.**

Die Big Five gelten international als das universelle Standardmodell in der Persönlichkeitsforschung. Definiert werden fünf Hauptdimensionen der Persönlichkeit, die erste ist die Offenheit für Erfahrung. Wer offen ist, wird mit Adjektiven wie einfallsreich, intellektuell, innovativ, neugierig oder aufmerksam für eigene und fremde Emotionen charakterisiert. Offenheit scheint das prägende Merkmal zu sein, das den Zugang zu sich und anderen ermöglicht. Was im persönlichen Bereich gilt, ist längst auch in der Business-Language zum geflügelten Wort

geworden. In der Web-Terminologie steht Open Source für Software, deren Quelltext öffentlich und von Dritten eingesehen, geändert und genutzt werden kann, und das in der Regel kostenlos. Open Science, Open Networks, Open Education, Open Architecture – die Liste lässt sich beliebig verlängern und bezieht sich stets auf die Idee, dass in der Öffnung nach außen die Chance liegt, das Eigene nutzbar zu machen und das Fremde als Bereicherung zu sehen. Wer sich öffnet, kommt weiter.

### Der Wissensraum

Dem positiven Synergie-Kreislauf kommt gerade in Forschung und Lehre größte Bedeutung zu. Im Herbst 2015 wurde an der TUW in diesem Sinne die Open University gegründet, als ortlose Institution und programmatisches Dach für Projekte, Initiativen oder Lehr- und Forschungsaktivitäten. „Wir testen neue Formate und didaktische Konzepte, fördern ergebnisoffene Prozesse, führen Diskurse und hinterfragen Rollen. Es geht uns darum, institutionelles und Alltagswissen in Beziehung zu setzen und Verbindungen zwischen Personen, Projekten und Themen herzustellen“, erläutert Rudolf Scheuvs, Dekan an der Fakultät für Architektur und Raumplanung, den methodischen Ansatz rund um das Stichwort des gemeinsamen Wissensraums. „Im übertragenen Sinn ist das der Raum, den wir zur Verfügung stellen, damit Personen ihre Ideen entwickeln können, im konkreten Sinn der Stadtraum“, so Scheuvs.

Bereits im Sommer 2012 hat der Stadtplaner an der TUW in diesem Zusammenhang die Idee eines Mobilen Stadtlabors ins Leben gerufen. Seit 2013 ist es in Betrieb (zunächst am Standort Karlsplatz, seit Oktober 2015 in Neu Marx) – eine temporäre Architektur, konzipiert und gebaut von 30 Architekturstudierenden der TUW, die der programmatischen Plattform future.lab als Basisstation dient. Scheuvs: „Ein öffentlich zugänglicher, niederschwelliger Möglichkeitsraum, um



Rudolf Scheuvs,  
Dekan der Fakultät  
für Architektur und  
Raumplanung,  
future.lab-Initiator

Wissenschaft, Forschung, Entwurf und Alltagspraxis miteinander zu verknüpfen.“

### Vom Karlsplatz zu OPENmarx

Am Karlsplatz fungierte das Mobile Stadtlabor als Schauplatz für eine Reihe an Festivals, wie ur5anize! (Internationales Festival für urbane Erkundungen, 2014), das Design-Festival Vienna Open (2014 und 2015) oder das Kurzfilmfestival VIS-Vienna Independent Shorts (2015). Präsentationen von Entwürfen aus der TUW-Fakultät, Workshops, Ausstellungen und gemeinsames Kochen mit der Nachbarschaft standen ebenso auf dem Programm wie Kränzchen in kleiner Runde, Adventmärkte oder Treffen für einen informellen Austausch unter Studierenden. Musikalisch war das Stadtlabor Sendestation und Ausdruck einer gelungenen Kooperation mit Künstlern. Mit dem Format des gleichnamigen Studierendenkollektivs „aus.büxen“ startete zudem der Versuch einer offenen Plattform, mit teils untypischen Werkzeugen und Methoden, darunter Poetry-Slams, Kunstgewerbemärkte, Filmvorführungen und Spieleabende. Ausgelotet wurden stets Potenziale des Gebäudes in Verbindung mit dem öffentlichen Raum. Zudem bot das Stadtlabor auch Platz für zwölf studentische Arbeitsplätze für Diplomand\_innen der Fakultät.

Anfang Oktober 2015 zog das Mobile Stadtlabor vom Karlsplatz nach Neu Marx. Als Standort dient eine von der WSE kostenlos zur Verfügung gestellte Fläche, unmittelbar angrenzend an die Marx Halle. Der neue Ort, an dem sich die Open University mit dem Mobilem Stadtlabor verräumlicht hat, bedeutet auch eine neue Herausforderung an das Konzept. „Am Karlsplatz waren wir mitten in der Stadt. Die Vermengung von Universität und den Menschen im Grätzel geschah sozusagen von selbst. In Neu Marx müssen wir die gewünschte Vernetzung viel aufwendiger und aktiver vorantreiben“, so -- ➔

## Open University: OPENmarx

Ein Raum, in dem gemeinsam gebaut, gelernt, experimentiert, diskutiert, produziert, musiziert, gekocht oder gegessen wird – so funktioniert OPENmarx konkret.

Im Fokus steht ein Wissens- und Kulturtransfer zwischen den unterschiedlichen Nutzer\_innen – von Flüchtlingen über Studierende und Lehrende bis hin zu Menschen, die den Standort als Arbeitsstätte nutzen, der lokalen Bevölkerung der umliegenden Stadtteile sowie interessierten Menschen aus ganz Wien.

Konzipiert ist OPENmarx als Zwischenutzung auf dem Areal des ehemaligen Zentralviehmarkts im Wiener Stadterweiterungsgebiet Neu Marx im dritten Wiener Gemeindebezirk. Als Basisstation und Ausgangspunkt für das Weiterbauen auf der 40.000 Quadratmeter großen Fläche dient das Mobile Stadtlabor, das bereits 2013 von Studierenden entworfen und gebaut worden und vom Karlsplatz nach Neu Marx umgesiedelt ist. Unter der Überschrift OPENmarx fungiert nunmehr seit Oktober 2015 ein ungewöhnlicher und temporärer Ort. Das Motto im Sinne einer Open University lautet: niederschwellige, unkonventionelle und vor allem experimentelle Wissensproduktion und -weitergabe.



Offene Räume,  
Miteinander in  
Neu Marx

**„Im Sinne einer Open  
University ist es wichtig,  
Wissenschaft in die Alltags-  
realität und bildungsferne  
Milieus zu transferieren.“**

Rudolf Scheuven

-- ➔ Scheuven. Den gemeinsamen Stadtraum OPENmarx gelte es erst zur Schnittstelle zu formen. Ziel ist es, Synergien zu entwickeln, die für alle Beteiligten und die öffentliche Wahrnehmung des Stadterweiterungsgebiets von großem und gegenseitigem Nutzen sein kann.

### Integration mit Bildung

Am Standort Neu Marx wurde das Mobile Stadtlabor auch baulich erweitert: Der OPENworkspace umfasst Community-Werkstatt, Fahrradwerkstatt und Lagerplatz. Zwei Schiffscontainer dienen dem Verstauen der Werkzeuge und Geräte, während Werkbänke draußen unter dem Sonnendach Platz zum Arbeiten bieten. Raum ist hier u. a. für Workshops von Vereinen oder Studierenden. Zentrale Bedeutung für ein lebendiges Miteinander hat die OPENkitchen. Das Kochen und Essen bringt Menschen zusammen und hilft, zwischen Kulturen zu vermitteln. Kochteams

sorgen für den Mittagstisch als Verpflegung während der Lehrveranstaltungen sowie bei Events im Stadtlabor. In Kooperation mit der Caritas wurden die Kochaktivitäten ausgebaut und als „Geschäftsmodell“ für Nachbarschaften erprobt. In den Werkstätten von OPENrepair werden wiederum alternde Fahrräder fit gemacht und kaputten Haushaltsgeräten neues Leben eingehaucht. Vom defekten Toaster bis zum Staubsauger kann hier so ziemlich alles repariert werden, was nicht mehr funktionieren will. „Gearbeitet wird in enger Kooperation mit NGOs und Vereinen, insbesondere aus den Bereichen Gemeinwesenarbeit, Nachbarschafts- und Flüchtlingshilfe“, sagt

Scheuven. So war beispielsweise der Verein IntegRADsion vor Ort tätig und hat geflüchtete Menschen dabei unterstützt, (gespendete) Fahrräder in Schuss zu bringen, um diese weiterzugeben. Auch die Vienna Law Clinics greift OPENmarx immer wieder mit Rechtsberatung für geflüchtete und engagierte Personen unter die Arme.

Integration und das Leben mit Flüchtlingen ist generell ein Hauptschwerpunkt. Im Sommersemester 2017 wurde OPENmarx in diesem Zusammenhang als Place of Importance aktiviert und ein nachbarschaftliches Netzwerk, unter anderem im nah gelegenen Haus Erdberg, aufgebaut. Ziel ist es stets, Wissen an vielen Schnittstellen zu produzieren, um mit- und voneinander zu lernen. „Im Sinne einer Open University ist es wichtig, Wissenschaft über die Universität hinaus in die Alltagsrealität und auch in bildungsfernere Milieus zu transferieren.“ Mit OPENmarx leistet die TUW dazu einen wesentlichen Beitrag. ●



# FACT NEWS: DIE STADT.

**Menschliches Leben drängt in die Stadt. In urbanen Agglomerationen ballt sich der Raum. Daten, Zahlen und Fakten zu Raumverdichtung, preislichen Auswüchsen und smarten Reaktionen.**

# 55

**QUADRATMETER LEBENSRAUM**

stehen jedem Bewohner in Monaco im Schnitt zur Verfügung. In Wien sind es vergleichsweise 219 Quadratmeter. Der Stadtstaat an der Côte d'Azur ist somit weltweit das Land mit der höchsten Bevölkerungsdichte (knapp 18.000 Einwohner pro Quadratkilometer). Noch wesentlich dichter besiedelt sind einzelne Stadtteile auf der Erde, zum Beispiel der Distrikt Freguesia de Santo Antonio innerhalb der Sonderverwaltungszone Macau, an der Südküste des chinesischen Festlands. Mit 121.500 Einwohnern auf einem Quadratkilometer stellt Macau derzeit einen Weltrekord auf. Die Allzeitbestmarke ist dabei noch lange nicht in Gefahr. Die vermutlich höchste jemals erreichte Bevölkerungsdichte der Welt wies die 1993 abgerissene Kowloon Walled City, ein Stadtteil in Hongkong, auf. 1,3 Millionen Einwohner pro Quadratkilometer bedeuteten für 33.000 Menschen konkret 1,3 Quadratmeter Lebensraum pro Person.

# 150

**MILLIONEN EURO**

beträgt der Kaufpreis für jenes 1.600 Quadratmeter große Londoner Penthouse im Wohn- und Shoppingkomplex One Hyde Park in Knightsbridge, das aktuell als teuerste Wohnung Europas gehandelt wird (rund zehn Mal so kostspielig wie Wiens teuerstes Appartement); eines unter vielen Beispielen preislicher Höhen-

flüge im Luxussegment als Folge der urbanen Attraktivität und Verdichtung.

# 470

**STÄDTE**

sind es weltweit, die mehr als eine Million Einwohner zählen. In 32 Städten übersteigt die Personenanzahl die 10-Millionen-Grenze. Die jüngste Studie der Forschungsstelle GFS der Europäischen Kommission in Brüssel zeugt vom rapiden Anwachsen urbaner Agglomerationen. Die Erhebung genauer Zahlen fällt schwer, da in großen Metropolen die Dunkelziffer nicht erfasster Personen hoch ist. Angaben beruhen zum Teil auf Schätzungen. Klar scheint, dass die Bevölkerungsexplosion insbesondere asiatische Städte betrifft: Die Forscher\_innen gehen von einem Plus von 1,1 Milliarden an urbaner Bevölkerung in den letzten 25 Jahren aus – was der 1,5-fachen Bevölkerungsanzahl von Europa entspricht. Als größte Megacity der Welt gilt Gunangzhou in China. 46 Millionen Menschen sollen aktuell in der Stadtregion im Perlflossdelta leben.

# 777.000

**AUTOS MIT ALTERNATIVEM ANTRIEB**

wurden 2017 in China verkauft (652.000 Elektro- und 125.000 Hybridfahrzeuge). Das Reich der Mitte hat auf die hausgemachte Luftverschmutzung in den Städten reagiert und die USA als Weltmarktführer in Sachen Elektromobilität abgelöst. Wie ernst es der chinesischen Regierung ist, zeigen eine Reihe von Fördermaßnahmen, die in dieser gebündelten Form

weltweit ihresgleichen suchen. So werden Käufer eines Elektroautos mit bis zu 6.300 Euro und weiteren Steuervergünstigungen belohnt. Wer eine Zulassung für ein Fahrzeug beantragt, erhält diese bei einem alternativ angetriebenen Auto wesentlich schneller als bei der Anschaffung eines Autos mit Verbrennungsmotor. Wie hoch der Zuschuss für ein Elektroauto ausfällt, hängt in China neuerdings ebenfalls von der Energiedichte des Akkus und der Reichweite ab. Auch für Hersteller gibt es ab 2019 neue Anreize: Finanzielle Förderung erhalten nur mehr jene, die pro Jahr mehr als 30.000 Fahrzeuge mit Alternativantrieb in China bauen oder ins Land importieren.

# 936.000

**„SMARTE“ EINWOHNER**

wurden 2016 in Skandinaviens größter Hauptstadt, Stockholm, gezählt. Bis 2026 soll die Einwohnerzahl pro Jahr im Schnitt um weitere 15.000 anwachsen. Das steigende Interesse an Stockholm als Wohn- und Arbeitsort liegt wohl auch an den hoch gesteckten Zukunftszielen der Verantwortlichen einer Stadt, die bereits 2010 als erste grüne Hauptstadt Europas bezeichnet wurde. Innerhalb der nächsten 20 Jahre will man den inoffiziellen Titel der energetisch „smartesten“ Großstadt der Welt erobern. Gemäß der 2015 verabschiedeten „Vision 2040 – Ett Stockholm för alla“ wird Schwedens Kapitale bis 2040 als erste Metropole der Welt klimaneutral sein. Die Stromerzeugung soll bereits 2030 ausschließlich auf erneuerbaren Quellen basieren. Geplant ist, dass im gleichen Jahr das ganze Land kein Fahrzeug mehr zulässt, das mit fossilen Brennstoffen betrieben wird.



## Am Trendpuls der urbanen Mobilität.

**Wann, wie und wo bewegen wir uns durch die Stadt von morgen? Antworten auf zentrale Fragen urbanen Lebens entwickeln im aspern.mobil LAB neben TUW-Forscher\_innen auch Bewohner und Wirtschaftstreibende der Seestadt.**

**H**elsinki wächst, und das rapide. 645.000 Einwohner sind es in der finnischen Hauptstadt aktuell, bereits 760.000 sollen es 2050 sein. Gedanken über die Neuorganisation des Stadtraums tun not. Eine klare Zielvorgabe wurde bereits formuliert: Mehr Platz für Menschen, weniger für Autos. Aus den Vororten kommende Autobahnen werden etwa in Boulevards verwandelt, mit Grünstreifen, Radwegen und Tramlinien zwischen den Fahrspuren. Und man setzt auf Service. Per App lässt sich buchen, ob man die Wege in der Stadt mit Bus, Bahn, Taxi, Leihfahrrad oder Mietwagen fahren oder die Transportmittel kombinieren will. Gezahlt wird alles in einem Ticket über dieselbe App.

Die Idee mit einer Mobilitäts-App verfolgt man auch in Hamburg. In der Hansestadt werden seit Juni Elektro-Shuttle-Taxis getestet, die per App gerufen werden und die Bürger von ihren Wohnungen zur

nächsten Bus- oder S-Bahnhaltestelle bringen. Hamburgs Wunsch ist es, zur digitalen Mobilitätsmetropole Deutschlands zu werden. Konkret wird die Einführung autonom fahrender Busse und der flächendeckende Einsatz intelligenter Ampeln geplant, die mit Wärmebildkameras Verkehrsströme analysieren, um den Autos Infos über optimales Fahrverhalten ins Cockpit zu liefern.

### Infarktprävention

Helsinki und Hamburg sind nur zwei Beispiele. Aktuell wird in praktisch jeder europäischen Hauptstadt an der urbanen Mobilität von morgen getüftelt. Der dringliche Anlass liegt auf der Hand: drohender Verkehrsinfarkt, zunehmende Lärm- und Feinstaubbelastung, zu wenige nachhaltige Angebote für immer mehr Menschen, die allesamt mobil sein wollen.

Gesucht werden innovative Lösungen, auch seitens der TUW, die sich im aspern.mobil LAB der Mobilitätsforschung im Echtbetrieb verschrieben hat. „In der Seestadt gehen wir neue Wege, und zwar im übertragenen und wortwörtlichen Sinn. Unsere Mission ist es, umweltfreundliche Konzepte für die städtische Mobilität zu entwerfen – durch Forschen, Ausprobieren und Reflektieren“, erklärt Projektleiter Martin Berger vom Fachbereich Verkehrssystemplanung am Department für Raumplanung. Das Besondere daran: Geforscht wird nicht nur von Forscher\_innen. „Ein wesentlicher Teil unseres Projekts ist die Zusammenarbeit mit den Anrainern und der lokalen Wirtschaft. Sie haben die Expertise vor Ort und liefern uns Feedback, wann, wo und wie sie sich durch die Stadt bewegen wollen“, so Berger.

Während anderswo zentrale Stadtverantwortliche das Denken und Lenken übernehmen, wird im aspern.mobil LAB die Mobilitäts- und Innovationskultur im Sinne der Open Innovation von der Gemeinschaft getragen. Seestädter, lokale Stakeholder und F&E-Akteure denken, entwickeln und handeln auf gleicher Augenhöhe. Das komplexe Arbeitsfeld der neuen urbanen Mobilität wird dabei in

Martin Berger,  
Projektleiter aspern.mobil LAB, Fachbereich Verkehrssystemplanung am TUW-Department für Raumplanung



Themenpaketen (Aktive Mobilität plus, Mobility as a Shared Service, First/Last Mile Logistik) aufbereitet, die auf Alltagsaktivitäten als Start- und Endpunkt setzen.

### Experimentierfeld Seestadt

Aktive Mobilität plus thematisiert etwa die Fortbewegung mit eigener Körperkraft (Fahrradfahren, Zuzußgehen) und umfasst neue aktive Formen wie Roller, Skateboard oder Lastenfahrräder. Letztere sind Gegenstand des Forschungsprojekts LARA Share, das Lastenräder stärker in den gewerblichen und privaten Güterverkehr zu integrieren versucht. Dazu sollen Betriebe und Privatpersonen, die für kurze,

innerstädtische Wege mit geringen Transportmengen ein Kfz verwenden, motiviert werden, auf eine Lastenrad-Nutzung umzusteigen. Im Rahmen des Projekts werden die Möglichkeiten des Lastenrad- und Abstellplatz-Sharings im Ballungsraum Wien untersucht. Zudem wird eine Onlineplattform entwickelt, die als Vermittlungsdrehscheibe von Anbietern und Nutzern von Lastenrädern bzw. Abstellmöglichkeiten fungiert. Als Innovation gilt insbesondere das Teilen von Abstellplätzen für Lastenräder sowie das Lastenrad-Sharing im gewerblichen Kontext. Dass es sich nicht um Forschung im Elfenbeinturm handelt, - - - - ➔

## Das aspern.mobil LAB

### Interdisziplinär und kooperativ

Mit dem aspern.mobil LAB entsteht in der Seestadt Wiens ein Raum, in dem Forscher\_innen, Bewohner, Stadtverwaltungen und Unternehmen gemeinsam einen Beitrag zur Entwicklung einer neuen, urbanen Mobilität leisten können. Bewohner, Beschäftigte und Besucher der Seestadt werden als lokale Expert\_innen verstanden und eingebunden. Das interdisziplinäre Team der TUW besteht aus Fachleuten für Raum und Verkehrsplanung, Informatik, Soziologie, Architektur, Design und Wirkungsforschung. Als Partner fungieren unter anderem die Entwicklungsgesellschaft wien3420, das Stadtteilmanagement der Seestadt, Landschafts- und Freiraumplanungsexpert\_innen des Büros Jauschneg sowie, mit Upstream, ein auf Mobilitätsfragen spezialisiertes Unternehmen der Wiener Stadtwerke.

Das aspern.mobil LAB ist im Rahmen des Programms Mobilität der Zukunft eines von fünf urbanen Mobilitätslaboren Österreichs, gefördert durch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. [www.mobillab.wien](http://www.mobillab.wien)



Werden Lastenräder in den privaten und gewerblichen Güterverkehr integriert, sinkt die City-Umweltbelastung

-----> zeigt die im September lancierte Praxisphase. Getestet wird die Sharing-Plattform unter realen Bedingungen. An mehreren Standorten in Wien werden bis November 2018 bis zu zehn Lastenräder (gegen eine freie Spende) sowie Abstellplätze (geringe Gebühr) zum Verleih angeboten. Die Auswertung der Feedback-Fragebögen der Nutzer soll helfen, im Feldtest mögliche Schwächen zu eruieren und die Plattform an die Bedürfnisse der Seestadtbewohner ideal anzupassen.

### Last Mile und Shared Service

In Sachen Logistik wird unter dem Projekttitel RemiHub an der Erschließung innerstädtischer Logistikflächen und der Verkürzung der Last Mile, also des Transportweges zur Haustür des Kunden, geforscht. Der Hintergrund: Die Zunahme der Verkehrsleistung im urbanen Güterverkehr gefährdet sowohl Klimaziele als auch Lebensqualität der Stadtbewohner. Wichtig wäre es, zumindest einen Teil der Güterverkehrsleistung auf umweltfreundliche Verkehrsträger zu verlagern oder – besser noch – Fahrten einzusparen. Als problematisch erweist sich dabei das begrenzte Angebot an geeigneten großvolumigen Logistikinfrastrukturen im urbanen Raum. Mangels innerstädtischer

Flächen verlängert sich die Last Mile und wird vorwiegend mit Lkw und Kleintransportern durchgeführt.

Die wesentliche Innovation des Vorhabens ist die Verlagerung der vormals außerhalb der Stadt gelegenen Umschlagsflächen an geteilt genutzte Standorte im Stadtgebiet. Gelingen soll dies, indem bestehende zentral gelegene Flächen des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) als temporäre, urbane Logistik-Hubs mitgenutzt werden. Kommen zudem als Transportmittel zusätzlich Lastenräder und künftig E-Transporter oder automatisierte Fahrzeuge zum Einsatz, hat man zwei Hauptziele erreicht: die Verkürzung der Distanz zwischen Güterstandorten und Endkunden und den schrittweisen Ersatz von CO<sub>2</sub>-emittierenden Transportmitteln. Im Projekt

### Autonome Mobilität:

Wie werden sich europäische Städte und Stadtgesellschaften durch autonomes Fahren verändern? Dieser Frage geht das von der Daimler und Benz Stiftung geförderte Forschungsprojekt AVENUE21 nach. Als Projektträger fungiert seit Oktober 2016 das TUW future.lab. Präsentiert werden die Forschungsergebnisse im November 2018 an der TU Wien im Rahmen einer Pressekonferenz. <http://avenue21.city/>

RemiHub werden in den nächsten drei Jahren die Anforderungen für die innovative City-Logistik geklärt und ein Konzept für die multimodale Abwicklung der Logistikkette an den neuen Hubstandorten (motorisiert, nicht motorisiert, automatisiert, schienengebunden) entworfen. Simulationen, ein steter Stakeholder-Dialog und ein realer Testlauf runden das auf 35 Monate angesetzte Projekt ab. Multimodal ist auch eines der Stichwörter beim Projekt Rebutas. Im Themenfeld Mobility as a (Shared) Service geht es um eine effiziente Auswahl und Kombination von Verkehrsmitteln. Dazu zählen Angebote der Shared Mobility, wie etwa Car- oder Bike-Sharing und Fahrgemeinschaften. Ziel ist es, den innerstädtischen Verkehr und Klima- und Umweltbelastungen spürbar zu reduzieren. Besonders interessant sind dabei sogenannte Freefloating-Systeme, die ohne fixe Stationen auskommen und auf Elektromobilität setzen. Im aspern.mobil-LAB-Projekt Rebutas werden gerade die Verbesserung der Auslastung von Freefloating-Mobilitätssharing-Angeboten und die Konzeption benutzerfreundlicher Buchungssysteme erforscht. Getestet wird mithilfe des Wiener Start-ups goUrban, das E-Mopeds im Wiener Stadtgebiet zur Verfügung stellt. ●



Das Plus-Energie-Gebäude der TU Wien wurde mit der klima:aktiv Plakette Gold Standard ausgezeichnet.

# Nachhaltig bauen und sanieren für die Zukunft

**Studierende verbringen viel Zeit auf der Universität. Mit Neubauten und nachhaltigen Gebäudesanierungen im Universitätsbereich schafft die BIG Bildungsraum für die Zukunft.**

Erst in die Vorlesung im Audimax, danach ab ins Seminar, mittags dann schnell ein Abstecher in die Mensa, um für den Lernmarathon in der Bibliothek gerüstet zu sein - Studien zeigen, dass fleissige Studierende rund 35 Stunden pro Woche an der Universität verbringen. Umso wichtiger ist die optimale Umgebung für den Lernerfolg. Entscheidend sind, laut einer Studie, die 2016 vom österreichischen Gallup Institut erhoben wurde, helle, freundliche Räume mit einer guten Raumausstattung, die mit offenen Raumkonzepten zum Lernen, aber auch zum Miteinander auf der Universität einladen.

## Bildungsraum der Zukunft

Die BIG ist erste Ansprechpartnerin für Bildungsbauten in Österreich, in ihrem Portfolio befinden sich über 200 Universitätsgebäude mit einer Fläche von rund zwei Millionen Quadratmetern. In den

vergangenen fünf Jahren investierte die BIG rund eine Milliarde Euro in den Universitätsbereich (Sanierungen, Erweiterungen, Neubauten). Derzeit befinden sich über 100 Projekte in der Umsetzung - (von der Projektvorbereitung über die Planung, die Bauausführung und Schlussabrechnung). Stetig wachsende Studierendenzahlen sorgen für einen steigenden Raumbedarf.



Der renovierte Kuppelsaal in der Technischen Universität.

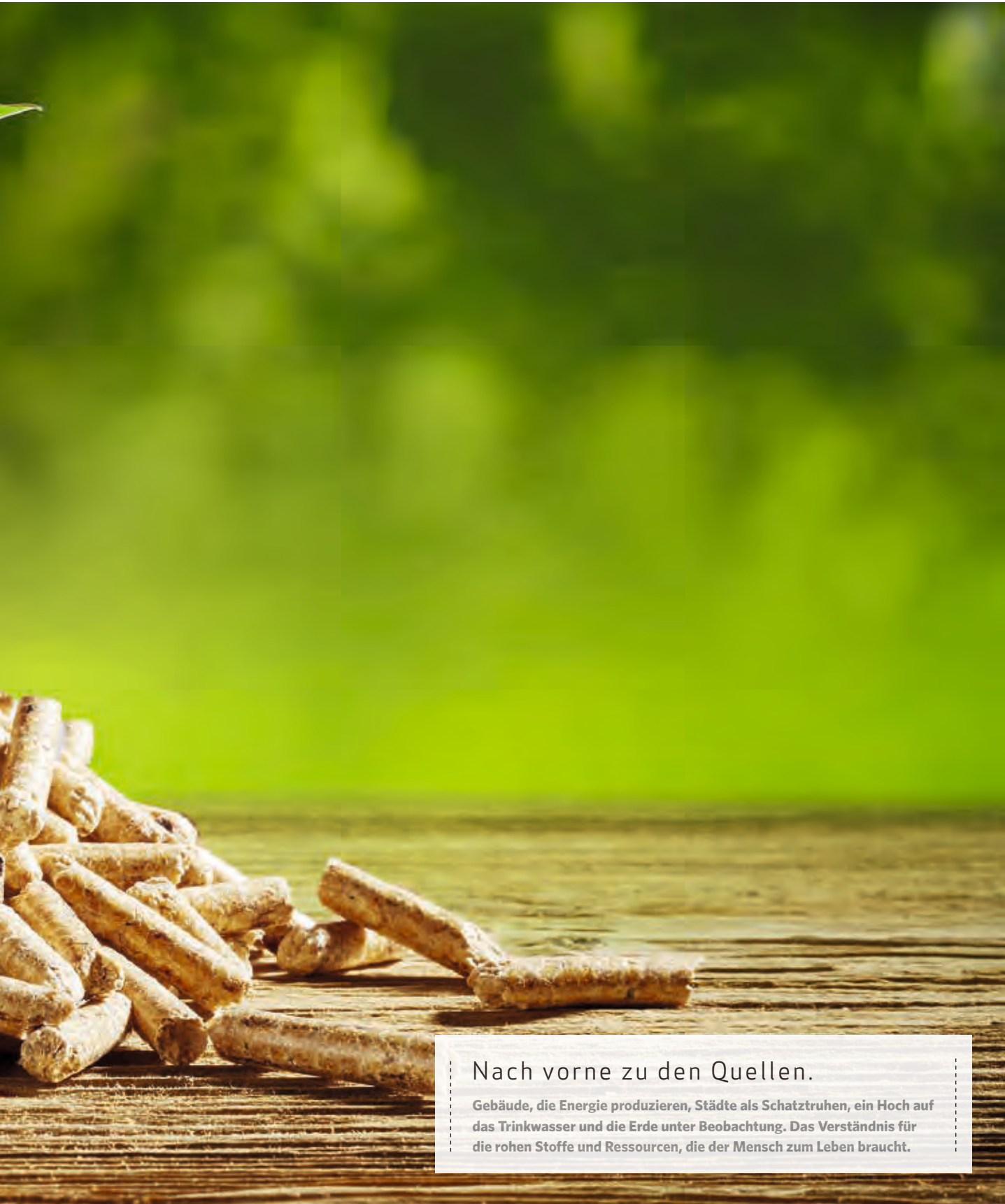
Daher ist es eine der größten Herausforderungen im universitären Bereich, nachhaltig nutzbare Räume zur Verfügung zu stellen, um flexibel auf neue Entwicklungen reagieren zu können. Multifunktionale Nutzungskonzepte und effiziente Flächennutzung sind das Ziel der Initiative „Bildungsraum der Zukunft“ der BIG. Architektur spielt dabei eine wichtige Rolle, trägt sie doch zur Identifikation mit der Immobilie bei. „Beinahe alle Universitäten werben auf ihren Kommunikationskanälen mit Bildern ihrer Gebäude. Diese sind also mit ausschlaggebend dafür, welche Universitäten Studierende für sich wählen“, sagt BIG Geschäftsführer Hans-Peter Weiss.

Momentan werden von der BIG für die TU Wien am Standort Arsenal mehrere Fakultätsgebäude adaptiert. Ist alles fertiggestellt, wird die TU ihr Science Center hier bündeln. Bereits generalsaniert wurde die TU Wien auf dem Areal Getreidemarkt. Es entstand dabei das größte Plus-Energie-Gebäude Österreichs. Das Gebäude erhielt im Februar 2015 die klima:aktiv Plakette Gold Standard. Damit werden jene Gebäude ausgezeichnet, die neben der Energieeffizienz eine hohe Qualität bei der Verwendung von Baustoffen und der Konstruktion sowie bei Komfort und Raumluftqualität aufweisen.

[www.big.at](http://www.big.at)



FOTO: FOTOLIA



## Nach vorne zu den Quellen.

Gebäude, die Energie produzieren, Städte als Schatztruhen, ein Hoch auf das Trinkwasser und die Erde unter Beobachtung. Das Verständnis für die rohen Stoffe und Ressourcen, die der Mensch zum Leben braucht.

# Richtung Plus in der Energiebilanz von Gebäuden.

Häuser, die mehr Energie produzieren, als sie verbrauchen, virtuelle Stadtmodelle und ein sanierter Altbestand, um Energie nicht mehr grenzenlos zu „verheizen“. TUW-Forschung zum vordringlichen Klimathema der Energieeffizienz im Gebäudesektor.

Thomas Bednar, Leiter des Forschungsbereichs Bauphysik und Schallschutz am Institut für Hochbau und Technologie





**R**auchende Industrieschornsteine und qualmende Autos: Wer von Energiefressern und Umweltsündern spricht, denkt an das, was offensichtlich scheint – und übersieht dabei nicht selten die Bedeutung des Gebäudesektors. Laut aktuellen Zahlen des Umweltbundesamts verursachen Gebäude in Österreich etwa gleich viel Treibhausgas-Emissionen wie Industrie und Energieaufbringungsanlagen zusammen. Punkto Energieverbrauch überflügeln Gebäude wiederum den Verkehrssektor um ein Vielfaches. Soll im Sinne der Klimaziele die viel zitierte Energiewende gelingen, ist die Energieeffizienz bei Gebäuden eines der vordringlichsten Themen.

Exakt 20 Jahre ist es her, dass in Österreich das erste zertifizierte Passivhaus (siehe „Kurz und bündig: Energiestandards“) fertiggestellt wurde, sechs Jahre zuvor hatte der deutsche Physiker und Bauphysiker Wolfgang Feist den revolutionären Energiestandard aus der Taufe gehoben. Inzwischen gilt Österreich mit der höchsten Pro-Kopf-Dichte an Passivhäusern als eines der führenden Länder auf diesem Gebiet, die einstige Beschränkung auf den Einfamilienhaus-Sektor ist längst gefallen.

In Europa wurde mittlerweile gemäß einer Gebäude-Richtlinie das „Nearly Zero Energy Building“ beschlossen. Ab 2019 müssen alle öffentlichen und ab 2021 auch alle anderen Gebäude in ganz Europa in diesem Sinne errichtet werden – wobei der Umstand, dass jeder EU-Staat selbst definieren darf, was darunter zu verstehen ist, für Verwirrung sorgt. Kritiker befürchten, dass Österreich mit seiner Definition (sogenannte Niedrigstenergiehäuser dürfen den 2,5-fachen Energieverbrauch eines Passivhauses haben) seine Vorreiterrolle in Sachen energieeffizientes Bauen einbüßt. Unzweifelhaft ist laut Experten, dass sowohl bei Neubau als auch bei Sanierung der Energieverbrauch von Gebäuden ab sofort auf ein Minimum reduziert werden muss, um das Ziel, bis 2050 CO<sub>2</sub>-neutral zu sein, zu erreichen.


### Das Plus-Energie-Bürohochhaus

In gänzlich neue Dimensionen der Energieeffizienz ist die TU Wien bereits vor knapp vier Jahren vorgestoßen. Im November 2014 wurde am Getreidemarkt das weltweit erste Bürohochhaus eröffnet, das den Anspruch stellt, mehr Energie ins Stromnetz zu speisen, als für Gebäudebetrieb und Nutzung benötigt wird. In zweijähriger Arbeit (in Kooperation mit dem Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft und der Bundesimmobiliengesellschaft,

## KURZ & BÜNDIG: Energiestandards

Niedrig- und Niedrigstenergiehaus, Passivhaus und Nearly Zero Energy Building, 3-Liter-Haus, Nullenergie- und Energie-Plus-Haus... Bei der Namensgebung von Energiestandards scheinen der Fantasie keine Grenzen gesetzt zu sein. Zu den gängigsten Begriffen zählen in Österreich das Niedrigenergie-, das Niedrigstenergie- (in der EU = **Nearly Zero Energy Building**) und das Passivhaus. Orientierung ergibt am ehesten die Einteilung laut Energieausweis, die sich in erster Linie nach dem Heizwärmebedarf richtet. Die übliche Maßzahl dafür sind Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr (kWh/(m<sup>2</sup>·a)). **Niedrigenergiehäuser** definieren sich in Österreich über einen Heizwärmebedarf von weniger als 50 kWh/(m<sup>2</sup>·a), für **Niedrigstenergiehäuser** braucht es einen Heizwärmewert, der geringer als 25 ist – wobei der Wert allerdings u. a. von der Geometrie und Größe des Gebäudes abhängig ist. Liegt der Heizwärmebedarf unterhalb von 10 kWh/(m<sup>2</sup>·a), wird von einem **Passivhaus** gesprochen. Ein **Plusenergiehaus** produziert sogar mehr Energie, als es von außen bezieht. Die Energie, die beim Bau des Hauses selbst verbraucht wird, ist dabei nicht eingerechnet.

BIG) wurde das ehemalige Chemie-Hochhaus der TUW (Baujahr 1971) vollständig saniert, um den Standard eines Plus-Energie-Hochhauses sicherzustellen. „Bei einem Hochhaus steht für eine große Zahl an Stockwerken nur eine verhältnismäßig kleine Dachfläche für Photovoltaik zur Verfügung. Das hat die Aufgabe so schwierig gemacht“, erklärt Projektleiter Thomas Bednar vom TUW-Forschungsbereich Bauphysik und Schallschutz. Zudem hatte man es sich zum Ziel gesetzt, nicht bloß Lüftung, Beleuchtung, Heizung und Kühlung ins Energiekalkül zu ziehen, sondern den kompletten Energiebedarf des Gebäudes positiv abzudecken. „Wir haben in unsere Berechnungen die gesamte Nutzung miteinbezogen, bis hin zu Computern und Kaffeemaschinen“, so Bednar. Nötig war dafür ein ausgeklügeltes Zusammenspiel von zahllosen Komponenten.

Direkt Energie gewonnen wird über die 2200 Quadratmeter große PV-Anlage (Dach und fassadenintegriert) und mittels Energierückgewinnung des Aufzugs. Einen produzierten Stromüberschuss verbrauchen benachbarte Gebäude. Zur Heizung nutzt man primär die Energierückgewinnung der Serverabwärme. Gekühlt wird mittels Hybridkühltürmen und einem automatischen Nachtlüftungssystem. Die Reduktion von Wärmeverlusten und -einträgen erfolgt durch die Weiterentwicklung der Passivbauweise, sprich mit wärmebrückenfreier Dämmung, einer extrem luftdichten Gebäudehülle und Lüftungsanlagen mit Wärme- und Feuchterückgewinnung. Der 

Ca. 100 Objekte beherbergt der Standort Flughafen Wien. Mit einem Simulationsmodell lässt sich das gesamte Areal als virtuelle Stadt abbilden



-----> Büroturm ist zudem mit intelligenter Technik ausgestattet, die dafür Sorge trägt, dass raumweise die geringstmögliche Energie verbraucht wird. So lässt sich etwa mit Bewegungsmeldern und CO<sub>2</sub>-Sensoren die Anzahl der Personen in einem Raum feststellen, was die Lüftungsanlage automatisch steuert. Die Beleuchtung schaltet sich bei Verlassen eines Raums zeitverzögert ab. Selbst die Notleuchten am Gang brennen nur im Notfall. Auch über den Aufzugstüren sind die Displays während der Nachtstunden im Stand-by-Modus und nur bei Bedarf im Einsatz. „Durch Evaluation von über 9300 Einzelkomponenten – von der LED-Lampe über Bürogeräte bis hin zu Küche, Aufzug, Lüftung und Servern – konnte der Energieverbrauch extrem reduziert werden“, erläutert Bednar. Waren es beim nicht sanierten Gebäude im Jahr 1970 rund 800 Kilowattstunden pro Quadratmeter Bruttogrundfläche pro Jahr, so verbrauchte das Gebäude 2017 mit 56 kWh/m<sup>2</sup> nur noch ein Viertel der ursprünglichen Energiemenge – und produzierte diese dabei selbst, teils im Überschuss.

### Smart Airport City

Auch für die Flughafen Wien AG sind Energieeffizienz, Senkung des Energieverbrauchs und flächendeckender Einsatz erneuerbarer Energieträger zentrale Themen. Laut Nachhaltigkeitsbericht 2017 haben sich die Umweltkennzahlen seit 2012 deutlich verbessert. Erreicht wurden in den letzten fünf Jahren 42,6% weniger CO<sub>2</sub>-Emissionen, 20,4% weniger Stromverbrauch und 18,4% weniger Energieeinsatz pro Verkehrseinheit. Mit einer Gesamtfläche von rund

8.000 m<sup>2</sup> betreibt der Flughafen eine der größten Photovoltaik-Anlagen des Landes, eine weitere – die vierte am Standort – geht noch heuer in Betrieb. Auf Elektromobilität wird künftig verstärkt gesetzt. „Die Verbesserung der Energieeffizienz hat das Verkehrswachstum deutlich übertroffen“, bringt es AG-Vorstand Günther Ofner auf den Punkt. Ziel sei es, ein komplett CO<sub>2</sub>-neutraler Betrieb und der umweltfreundlichste Airport Europas zu werden. Unterstützung dafür kommt seitens der TUW. Im Rahmen eines breit angelegten Forschungsprojekts arbeitet man gemeinsam an der „Smart Airport City“.

Experten der TUW erstellen dabei den Flughafen Wien als das bisher größte virtuelle Simulationsmodell in Österreich. Gebäude- und Klimatechnik, Energieverbrauch und Verkehrssituationen werden ganzheitlich betrachtet, neue Betriebsführungskonzepte zur Steigerung der Energieeffizienz und Verbesserung der Energiebilanz entwickelt. Das Verknüpfen und Analysieren aller Daten erweist sich dabei aufgrund der Dimensionen des Airports als gewaltige Aufgabe. So umfasst der Flughafen Wien rund 100 Objekte, in denen 20.000 Menschen in Hotels, Büros, Shops, Terminals, Logistikunternehmen und anderen Bereichen arbeiten. Der Stromverbrauch des Standorts ist etwa mit jenem einer Stadt wie Klagenfurt vergleichbar. Mittelfristiges Ziel ist es, mit den gewonnenen Erkenntnissen Projekte wie die Terminalerweiterung und den Bürokomples Office Park 4 (Eröffnung 2020) nach energieeffizienten Maßstäben zu planen. Langfristig wird das Simulationsmodell allgemeine Grundlagen für strategische Entscheidungen und die Auswirkungen von

## „Der Stromverbrauch der Airport City ist mit jenem von Klagenfurt vergleichbar.“

Günther Ofner

Varianten von Standortentwicklungen schaffen. „Mit der von uns entwickelten IT-Umgebung für virtuelle Gebäude können zukünftig Planer, Bauherren und Nutzer mit der Hilfe von Simulationen während des gesamten Planungs- und Bauvorgangs Heizung, Kühlanlagen, Lüftung, EDV-Systeme, Beleuchtung, Komfort, Energieverbrauch, Fluchtwege und vieles mehr virtuell testen und optimieren“, erklärt der wissenschaftliche Projektleiter, Thomas Bednar.

### „Wärmewende“ im Altbestand

Während der Energiebedarf von neuen Gebäuden künftig deutlich reduziert werden kann, bleibt der Altbestand ein Problemfeld, das laut Umweltbundesamt für rund 85 Prozent des Energieverbrauchs von Gebäuden verantwortlich zeichnet. Der größte Teil der Energie wird dabei „verheizt“, sprich für warmes Wasser und angenehm temperierte Räume verwendet. An der TUW hat man deshalb Überlegungen angestellt, wie bis 2050 eine weitestgehende Dekarbonisierung des Endverbrauchsektors Raumwärme und Warmwasser erzielt werden kann.

Im Auftrag der Erneuerbaren Energie Österreich wurde ein als „Wärmewende“ bezeichnetes Szenario entworfen. Zudem steht in einer weiteren Studie, „Wärmezukunft 2050: Anforderungen an die Gebäudesanierung“, die Bedeutung der thermischen Gebäudesanierung für die Erreichung der Energie- und Klimaziele im Fokus. „Der gesamte Heizwärmebedarf des österreichischen Gebäudesektors beläuft sich derzeit gemäß unseren Berechnungen auf etwa 65 Terawattstunden (TWh). Davon werden etwa 55 TWh jenen Gebäuden zugewiesen, die als sanierungswürdig gelten“, skizziert Lukas Kranzl vom TUW-Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe die Ausgangslage. Bereits bis 2030 wird die Anzahl der jährlich thermisch zu sanierenden Gebäude auf knapp 40.000 oder 14 Millionen Quadratmeter ansteigen. Nötig wären im Zeitraum 2021 bis 2040 laut Wärmewende-Szenario jährliche Investitionen in die thermische Gebäudesanierung von rund 2,3 Milliarden Euro (aktuell sind es knapp 1,2 Milliarden). Zusätzlich fallen Investitionen für die Instandsetzung der Gebäude (ohne thermischen Effekt) sowie die Wärmebereitstellung an. „Folgt man

Lukas Kranzl, Institut für Energiesysteme und Elektrische Antriebe; Co-Autor der Studie „Wärmezukunft 2050: Anforderungen an die Gebäudesanierung“



unseren vorgeschlagenen Sanierungsaktivitäten, ist bis zum Jahr 2050 ein nahezu 100%iger Verzicht auf fossile Energien zur Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung möglich“, erläutert Kranzl. Ein solcher vollständiger Umstieg auf erneuerbare Energieträger sei zum einen davon abhängig, dass die Ziele der thermischen Gebäudehüllensanierung erreicht werden. Die Dekarbonisierung des Gebäudesektors hänge zum anderen von der Wahl des Energieträger- und Heizsystem-Mix ab. Dass eines das andere bedingt, zeigt sich am effektiven Betrieb von Wärmepumpen oder dem Umbau des Fernwärmesektors in Richtung der durch die nachhaltige Energieerzeugung geprägten „4. Generation Fernwärme“. Beides erfordert ein kontinuierliches Absenken von Vorlauftemperaturen. „Und dies“, so Kranzl, „ist wiederum ohne Gebäudesanierung nicht möglich.“

## MSc Renewable Energy Systems

Nachhaltige Energieversorgung auf Basis von erneuerbarer Energieproduktion und -effizienz ist eine dynamisch wachsende Branche. Das internationale Masterprogramm (in Kooperation mit dem Energiepark Bruck/Leitha) trägt dem Rechnung. Inhaltlich geht es insbesondere um umfassendes Technologiewissen, Management und Bewertung nachhaltiger Energiesysteme sowie EU-Erweiterung und themenbezogenes Recht.



### Elizabeth Rodriguez Bringas (Mexiko), MSc-Studentin:

„Die Verwendung geeigneter Materialien, die richtige Isolierung, die Abdichtung der Konstruktion, intelligente Lüftung, Passivheizung, energiesparende Geräte

und die Energieproduktion für den Eigenverbrauch in den Gebäuden – dies ist nur der Anfang, wenn wir wirklich nach Nachhaltigkeit streben.“





## Die Suche nach verborgenen Schätzen

**Wo der Materialverbrauch steigt, wird „Urban Mining“ zum großen Zukunftsthema. Was an Rohstoffen in den Städten steckt, soll entdeckt und ökonomisch wie ökologisch sinnvoll wiederverwertet werden.**

**E**s ist erstaunlich, was tagaus, tagein als Abfall endet. Allein die Baurestmassen, ein Überbegriff für mineralische Abfälle, die auf Baustellen oder im Erdbau anfallen, machen in Österreich statistisch mehr als 1000 kg pro Einwohner und Jahr aus.

Wie reich die Müllberge an Rohstoff sind, zeigen zwei andere beispielhafte Zahlen: Auf deutschen Müllbergen soll etwa mehr Eisen ruhen, als das Land in einem Jahr verbraucht, auf amerikanischen Mülldeponien sind es mehr als drei Weltjahresproduktionen.

Solange die Endlichkeit von Rohstoffen noch kein großes Thema war, landete



Wertvolles wie Eisen, Aluminium, Kupfer, Zink oder Blei, enthalten in Elektrogeräten, Gebäuden oder Fahrzeugen, unbedacht auf Deponien. Ob die gebrauchten Materialien wieder in den Kreislauf zurückfließen könnten, daran wurde kaum ein Gedanke verschwendet. Das Umdenken ging mit dem zunehmenden Bewusstsein für die Ressourcenverknappung einher. Recycling wurde zum Schlagwort. Durch Recycling erhält man Sekundärrohstoffe. Und je mehr Sekundärrohstoffe genutzt werden, desto weniger braucht es den Einsatz der immer knapper werdenden Primärrohstoffe. Der passende Begriff dazu, dass ein Produkt der Stadt am Ende seiner Verwendung nicht nur als Abfall,

sondern auch als Rohstofflieferant wahrgenommen werden kann, wurde vor wenigen Jahren geprägt: Urban Mining. „Urban Mining sieht städtische Strukturen als Rohstoffminen der Zukunft an. Es geht um Schätze, die es zu heben gilt, um absehbare Versorgungsengpässe abzuwenden“, erklärt Johann Fellner vom TUW-Forschungsbereich Abfallwirtschaft und Ressourcenmanagement.

### Rohstoffschätze in Wiener Häusern

Der Leiter des 2012 an der TUW eingerichteten Christian Doppler Labors für Anthropogene Ressourcen arbeitet mit seinem Team daran, Grundlagen für eine effiziente Bewirtschaftung von sekundären Rohstoffen zu schaffen. „Das Wissen über sekundäre Rohstoffe – also Rohstoffe, die durch Recycling aus entsorgtem Material gewonnen werden – ist noch sehr beschränkt. Wir sind daran, das zu ändern“, so Fellner. Die Forschungsinitiative kommt zu einem Zeitpunkt, an dem in Österreich eine neue Recycling-Baustoff-Verordnung in Kraft getreten ist. Deren Ziel lautet, die Qualität hergestellter Recyclingbaustoffe zu heben und die Mengen recycelter Baurestmassen zu steigern. Ein beispielhafter Fokus im CD-Labor lag in den letzten Jahren im Rahmen eines Projekts mit der Wiener Stadtbaudirektion auf der Erhebung des Potenzials von Hochbauten als Wertstoffquelle. Unter die Lupe genommen wurden Materialien, die insbesondere in Wiener Gebäuden verarbeitet sind. „Wir haben das Gesamtlager an Materialien in Gebäuden errechnet und uns zudem mit folgenden Fragen beschäftigt: Wie viele Gebäude werden abgebrochen und welche Mengen dabei freigesetzt? Was kann leicht wiederverwertet werden und was wird deponiert?“, erklärt Fritz Kleemann den Forschungsschwerpunkt.

Johann Fellner,  
Leiter des Christian  
Doppler Labors  
für „Anthropogene  
Ressourcen“



## GLOSSAR

### Urban Mining (englisch für Bergbau im städtischen Bereich):

Eine dicht besiedelte Stadt kann als „Rohstofflagerstätte“ betrachtet werden. Urban Mining bezeichnet vor allem die Identifizierung anthropogener Rohstofflager, aber auch die Feststellung der darin enthaltenen Sekundärrohstoffe, Recyclingoptionen sowie Wirtschaftlichkeitsberechnungen.

### Anthropogene Rohstofflager:

„Anthropogen“ heißt „vom Menschen hergestellt, verursacht, beeinflusst“. Im Kontext von Rohstoffen ist jenes Rohstofflager gemeint, das verbaut wurde, sprich in Gebäuden, Infrastruktur und anderen langlebigen Gütern steckt.

### Primärrohstoffe:

So werden natürliche Ressourcen bezeichnet. Sie sind unbearbeitet – abgesehen von den Schritten, die nötig sind, um sie zu gewinnen. So ist z. B. bei der Papierherstellung das Frischholz der Primärrohstoff und nicht der Baum.

### Sekundärrohstoffe:

Sie werden durch Wiederaufbereitung (Recycling) der Primärrohstoffe gewonnen.

----- ➔ Mithilfe von Geoinformationssystem-Daten der Stadt Wien, Informationen aus Plänen, Gutachten, Lebenszyklusanalysen bei neuen Gebäuden sowie persönlichen Erkundungsgängen in Abbruchobjekten wurde eine umfassende Materialbilanz erstellt. Die Darstellung der räumlichen Verteilung der Materialien ergab die Basis für einen Ressourcenkaster, der neben Informationen über Größe, Alter und Nutzung des Gebäudes auch über dessen Materialzusammensetzung Auskunft gibt.

Soll die Qualität der Recyclingbaustoffe ansteigen, braucht es eine wohldurchdachte Abbruchplanung und Abfallstromlenkung. Die TUW-Forscher\_innen entwickelten in diesem Kontext in Zusammenarbeit mit der MA 41 - Stadt-

**„Das Wissen über Rohstoffe, die durch Recycling aus entsorgtem Material gewonnen werden, ist noch sehr beschränkt.“**

Johann Fellner

vermessung eine innovative Methode zur Bestimmung der Abbruchaktivität in Wien. „Beim sogenannten Bildmatching werden mit Hilfe einer Software aus orientierten Luftbildern Höhenmodelle abgeleitet. Dazu werden über die Textur der Oberfläche idente Punkte in verschiedenen Luftbildern gefunden und für diese die Position im Raum berechnet“, so Kleemann. Höhenmodelle von Aufnahmen zu unterschiedlichen Zeitpunkten können anschließend automatisiert verglichen werden, um Unterschiede in der Bebauung zu detektieren.

Das Projekt zeigt, wie durch einen interdisziplinären Ansatz die Abbruchaktivität und die damit verbundenen Abfallströme samt deren Zusammensetzung abgeschätzt werden können. „Wir haben zwei innovative Methoden verknüpft, um einerseits die Veränderungen in der

Fritz Kleemann,  
Institut für Wassergüte,  
Ressourcenmanagement  
und Abfallwirtschaft



Bebauung festzustellen und andererseits Materialinformationen von Gebäuden zu gewinnen“, sagt Kleemann. Das Verfahren erlaubt es damit erstmalig, gesicherte Daten über die anfallende Menge an Baurestmassen zu generieren – eine Grundvoraussetzung für die Entwicklung eines nachhaltigen, kreislauforientierten Managements von Abfällen aus Gebäudeabbrüchen.

#### Den Abbruch mitdenken

„Wenn man bedenkt, dass knapp ein Drittel des jährlich anfallenden Abfalls in Österreich auf Bau- und Abbruchaktivitäten zurückgeht, zeigt sich die Bedeutung

unserer Forschung in Anbetracht der europaweit anvisierten Recyclingziele“, erklärt Fellner. Für die Zukunft hoffen die TUW-Forscher\_innen, dass in der Bauwirtschaft schon bei der Planung der Abbruch mitgedacht wird und Überlegungen frühzeitig Raum bekommen, wie die Materialien später recycelt werden können. Wünschenswert wäre ebenso, mineralische Recyclingmaterialien „gleichwertig“ zu verwenden, etwa als Zuschlagstoff in Beton bei neuen Bauten. In Österreich wird bis dato der Großteil der recycelten mineralischen Materialien noch im Unterbau im Straßenkörper verwertet. ●

## FORSCHUNG im Ressourcen-Labor

Im Christian Doppler Labor für Anthropogene Ressourcen werden beispielhaft für einzelne Materialien und Sektoren Optimierungspotenziale für eine nachhaltige Ressourcenbewirtschaftung aufgezeigt. Die im Detail untersuchten Fallbeispiele reichen vom Materiallager der Infrastruktur über Aluminium- und Plastikabfälle bis hin zur Metallrückgewinnung aus Rauchgasreinigungsrückständen der Müllverbrennung.

Auf den Ergebnissen der Fallstudien aufbauend, wird eine Methodik zur Charakterisierung und Bewertung von sekundären Ressourcen entwickelt. Das ermöglicht zum einen, anthropogene Rohstoffe in Analogie zu geologischen Lagerstätten zu klassifizieren (Unterscheidung in Reserven und Ressourcen), und zum anderen, effiziente Bewirtschaftungsszenarien für Sekundärrohstoffe zu erarbeiten.

# FACT NEWS: RESSOURCEN.

**Lebenswichtige Ressourcen werden knapp, deren Verbrauch steigt dennoch weiterhin rasant an. Wie steht es um fossile Energieträger, Biomasse, Metalle oder Mineralien? Daten, Zahlen, Fakten.**

## 250.000 AUTOS

werden in Österreich alljährlich aus dem Verkehr gezogen. Ein Viertel landet im Schnitt auf dem Schrottplatz, der Rest wird nach Osteuropa oder Afrika exportiert. Dabei entgehen dem Land wertvolle Rohstoffe, da in jedem Pkw rund 70 Prozent an verwertbaren Metallen (Eisen, Aluminium, Kupfer, Messing, ...) stecken. Wie viele Rohstoffe in Gebäuden, Elektrogeräten und der gesamten urbanen Infrastruktur enthalten sind, zeigt sich beispielhaft an der Stadt Wien. Hier kommen auf einen Einwohner rund 4500 kg Eisen, 340 kg Aluminium, 200 kg Kupfer und 40 kg Zink.

Auch Zukunftstechnologien gelten als Rohstoffressourcen. In modernen Windkraftanlagen sind bis zu acht Tonnen Kupfer verbaut, für den Bau eines Elektrofahrzeugs werden etwa 100 Kilo davon benötigt – im Übrigen doppelt so viel wie für einen herkömmlichen Mittelklassewagen. Welche Rohstoffschatze es in Österreich zu bergen gibt, illustriert eine weitere Statistik: Aus den hochgerechnet 13 Millionen Handys, die aktuell ungebraucht in heimischen Schubladen herumliegen, ließe sich Gold im Wert von elf Millionen Euro extrahieren.

## 90 MILLIARDEN TONNEN

an materiellen Ressourcen (fossile Energieträger, Biomasse, Metalle und Mineralien) wurden 2017 laut Bericht des Weltressourcenrats („Assessing Global

Resource Use“) weltweit verbraucht. Ein Gewichtsvergleich: Alle Tiere auf der Erde kommen auf eine Masse von etwa 23 Milliarden Tonnen, also rund ein Viertel. Gegenüber 1970 hat sich die globale Menge bereits verdreifacht. Pro Kopf kommen heute auf einen Erdenbürger rund 12.000 Kilogramm Material. Die Verteilung erweist sich als äußerst ungleich: Reiche Länder konsumieren circa zehn Mal so viel pro Kopf wie Länder mit geringem Einkommen. Die wichtigsten Einflussfaktoren für den Ressourcenverbrauch sind das Bevölkerungswachstum, Konsumtrends der entwickelten Länder und die Transformation der Entwicklungsländer.

## 45 MILLIARDEN TONNEN ELEKTROSCHROTT

sind laut einem Bericht der Vereinten Nationen (Global e-Waste Monitor) im Jahr 2016 weltweit angefallen – was dem Gewicht von 4500 Eiffeltürmen entsprechen würde. Eingerechnet wurde dabei alles, was einen Stecker hat oder mit Batterien betrieben wird (mit Ausnahme von Elektroautos, die dem Autoschrott zugeordnet werden).

Das Gros der alten Handys, Computer, Spielzeuge oder Kühlschränke landet im Hausmüll oder wird jahrelang in Schubladen und Dachböden gelagert. Nur jedes fünfte elektrische Gerät wird laut dem aktuellen UNO-Bericht in Containern oder bei entsprechenden Abgabestellen gesammelt und recycelt. Der Gesamtwert des nicht wiederverwerteten Mülls wird

auf rund 46 Milliarden Euro geschätzt. Diese Summe entspricht vergleichsweise den Zusatzausgaben, die die deutsche Bundesregierung bis 2021 für Familien, Bildung und Rüstung verplant hat.

## 1

MILLIARDE MENSCHEN

hat laut jüngstem Unesco-Weltwasserbericht keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser. Jedes Jahr sterben 3,5 Millionen Menschen an den Folgen schlechter Wasserversorgung; mit Krankheitserregern verseuchtes Trinkwasser verursacht jährlich den Tod von mehr als 1,5 Millionen Kindern. Die Knappheit an trinkbarem Süßwasser verschärft sich mit der wachsenden Nachfrage nach Wasser. In den letzten 50 Jahren verdreifachte sich nach Unesco-Angaben die Wasserentnahme aus Flüssen, Seen und dem Grundwasser. 70% des Wassers gehen rund um den Globus in die Landwirtschaft, 20% in die Industrie und 10% in die Haushalte (in Österreich verbraucht die Landwirtschaft hingegen nur 5%, die Industrie ca. zwei Drittel und Haushalte knapp ein Drittel). Auch die geänderten Essgewohnheiten spielen eine zunehmende Rolle, etwa der weltweit rapide ansteigende Fleischkonsum. So stecken in einem Kilogramm Rindfleisch bis zu 16.000 Liter Wasser (Rauminhalt von 80 Badewannen). Die Produktion eines einzigen Fast-Food-Menüs verbraucht nach Berechnungen des WWF 6000 Liter Wasser, rechnet man Anbau von Kartoffeln und Getreide, Viehfütterung und Getränkeherstellung zusammen.

# Quell der Gesundheit. Vom Grundwasser zum Trinkwasser.

Die Qualität von Wasser ist für die menschliche Gesundheit von essenzieller Bedeutung. An der TUW erforscht man, was Grund- und Trinkwasser gefährden kann, und entwickelt Hightech-Methoden, um den Gefahren zu begegnen.



Alfred Paul Blaschke,  
Institut für Wasserbau und  
Ingenieurhydrologie,  
stellvertretender Leiter des  
ICC Water & Health



Andreas Farnleitner, Leiter  
der Forschungsgruppe  
Umweltmikrobiologie und  
Molekulare Diagnostik am ICC  
Water & Health



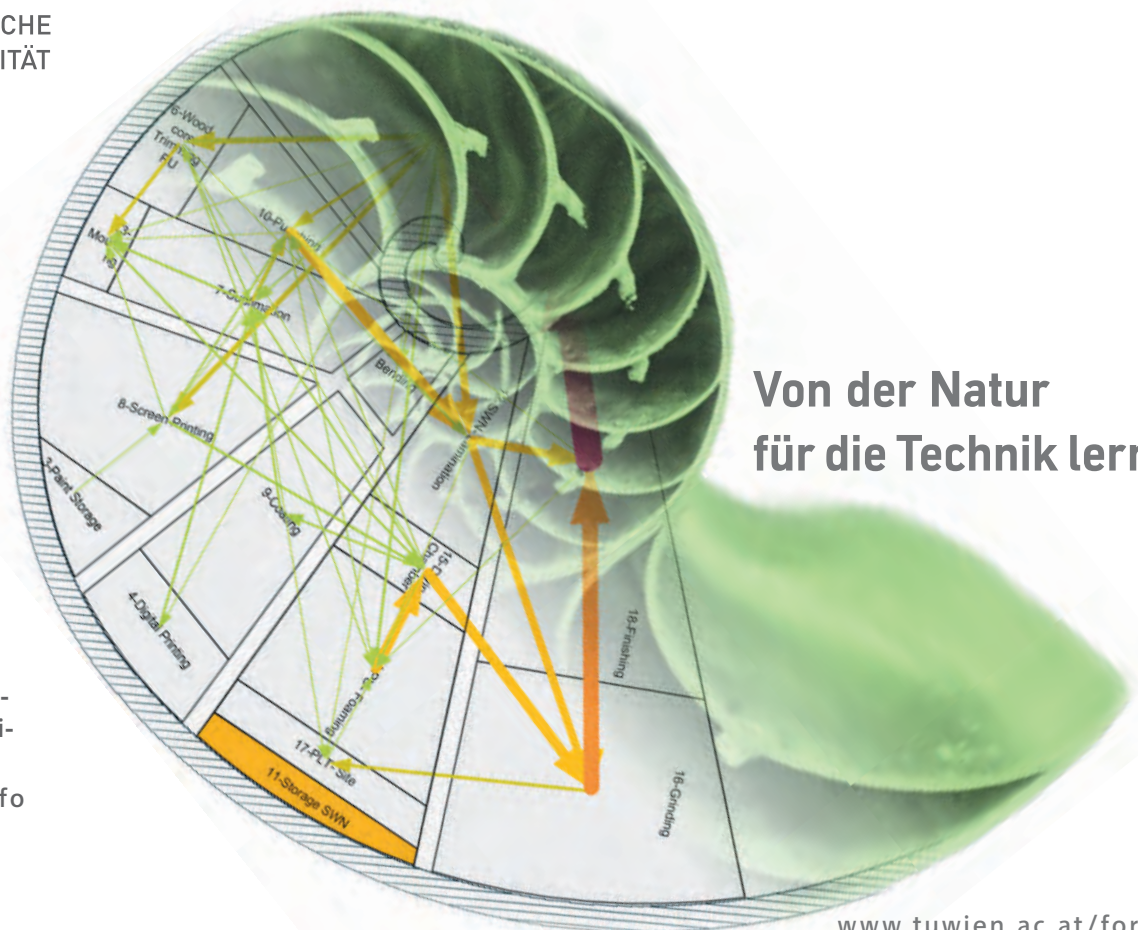
**A**ls 1993 in Milwaukee (USA) rund 400.000 Menschen unter schweren Durchfällen litten, sorgte die Analyse der Ursache für weltweites Aufsehen. Winzige einzellige Parasiten, sogenannte Protozoen, waren ins Trinkwasser geraten. Ein Krankheitserreger namens *Cryptosporidium parvum* gelangte nach heftigen Niederschlägen in den als Trinkwasser-Ressource genutzten Michigansee. Für die Forschung erwies sich der Unglücksfall als Anlass, der Sache auf den Grund zu gehen: „Es ist wichtig, die Transporteigenschaften der Cryptosporidien zu verstehen. Wir wollen wissen, wie Protozoen in unterschiedlichen Grundwasserkörpern transportiert und wodurch sie im Untergrund gebunden werden, damit sie keine Gefährdung für die menschliche Gesundheit mehr darstellen“, erklärt Margaret Stevenson.

### Mikropartikel im Feldversuch

Stevenson leitet eines der jüngsten laufenden Projekte (Protozoan mimics) am TUW-Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, das sich die Überprüfung

neuer Surrogate (Ersatzstoffe) für Protozoen zum Ziel gesetzt hat. Im vom Österreichischen Wissenschaftsfonds (FWF) geförderten TUW-Projekt liegt der Fokus auf dem Milwaukee-Krankheitserreger *Cryptosporidium parvum*, der in Trinkwasserversorgungsanlagen auftreten kann und gegenüber chemischen Desinfektionsverfahren sehr resistent ist. In den kommenden drei Jahren werden an der TUW und im Forschungszentrum ICC Water & Health die Einzeller genau untersucht, und das nicht nur unter kontrollierten Laborbedingungen. „Wir arbeiten an Ersatzpartikeln, die völlig unbedenklich sind, sich im Boden und im Grundwasser aber ähnlich wie Cryptosporidien verhalten“, so Stevenson. Entwickelt wurden dafür spezielle, mit einer Proteinschicht überzogene Mikrosphärenpartikel, die den Einsatz bei Feldversuchen erlauben.

„Die Möglichkeit, mit unbedenklichen Surrogaten Untersuchungen auch in der Natur durchzuführen, erschließt völlig neue Möglichkeiten bei der Erforschung des Verhaltens von mikrobiellen Belastungen im Grundwasser“, ist Alfred Paul Blaschke, stellvertretender Leiter des ICC Water & Health, — — — — ➔



**Von der Natur  
für die Technik lernen.**

Bio-inspirierte  
Fabriklayouts:  
Naturmodelle für  
effizienten Material-  
fluss (z. B. Fibonacci-  
Verfahren)  
[www.biofaclay.info](http://www.biofaclay.info)

-----> überzeugt. „Wir denken, dass diese Untersuchungsmethode, die enormen Fortschritte im Bereich der Analyse von Spurenstoffen sowie der Quantensprung in der molekularbiologischen Analytik uns Werkzeuge in die Hand geben, um die komplexen Vorgänge beim Verhalten von Schadstoffen besser verstehen zu können“, so Blaschke. Dadurch werde eine effizientere Risikobewertung möglich, um Gegenmaßnahmen gegen problematische Stoff- oder Elementkonzentrationen zu setzen – im Sinne des Schutzes von Trinkwasser, das in Österreich zu 99 Prozent aus Grundwasser stammt.

### Fäkale Gefahren, menschlich und tierisch

Gefährdet ist die Trinkwasserversorgung ebenfalls durch tierische wie menschliche fäkale Einträge – und das auf globaler Ebene. So schätzt die Weltgesundheitsorganisation, dass rund eine Milliarde Menschen keinen Zugang zu sauberem Trinkwasser hat. Der Nachweis fäkaler Kontaminationen stellt eine wesentliche Herausforderung für die Wissenschaft dar, der sich die TUW in den letzten sechs Jahren etwa im Rahmen des Projekts „Molekularbiologische Analytik fäkaler Wasserverunreinigungen“ (2012 bis 2017) gestellt hat. Um molekulare Technologien, die auf der Detektion von DNA-Fragmenten (genetische Marker) basieren, zum Einsatz zu bringen, war es dafür zunächst notwendig, eine umfassende und qualitativ hochwertige DNA-Datenbasis zu schaffen.

„Wir haben mehr als 400 Fäkalproben von 177 verschiedenen Wirbeltierarten gesammelt, hauptsächlich von Säugetieren und Vögeln, aber auch von Reptilien, Amphibien und Fischen. Zusätzlich wurden von 29 kommunalen Kläranlagen in 13 Ländern auf sechs Kontinenten ungereinigte und gereinigte Abwasserproben gezogen, da humanes Abwasser eine der wichtigsten fäkalen Kontaminationsquellen für Wasserressourcen ist“, erklärt Andreas Farnleitner, Leiter der Forschungsgruppe Umweltmikrobiologie und Molekulare Diagnostik. Im Laufe des Projekts konnte erstmals gezeigt werden, dass menschenassoziierte genetische Fäkalmarker überall verbreitet und in konstanten Konzentrationen in kommunalem Abwasser weltweit vorkommen. Belegt wurde zudem, dass auch tierische Fäkalquellen in vielen Regionen ein Problem darstellen. Um molekulare Nachweise für tierische fäkale Einträge verbessern bzw. entwickeln zu können, wurden die bakteriellen Gemeinschaften (das Mikrobiom) in den gesammelten Fäkalproben mittels hochauflösender DNA-Sequenzierverfahren untersucht. Die resultierende Datenbank enthält außerdem 150 zusätz-

## KURZ & BÜNDIG – Forschung & Lehre

### ICC – Water & Health. Interdisziplinäre Wasserforschung

Die TUW Wien, die Medizinische Universität Wien und die Karl Landsteiner Privatuniversität für Gesundheitswissenschaften arbeiten im „Interuniversitären Kooperationszentrum Wasser und Gesundheit“ (ICC Water and Health) gemeinsam daran, die Wasserqualität und die Einflussfaktoren präzise zu analysieren. Aufseiten der TUW sind die Forschungsgruppen „Umweltmikrobiologie und Molekulare Ökologie“ (Leitung Andreas Farnleitner) sowie „Hydrologie und Modellierung“ (Leitung Alfred Paul Blaschke) beteiligt. [www.waterandhealth.at](http://www.waterandhealth.at)

### Doktoratskolleg Water Resource Systems

Das Wiener Doktoratsprogramm „Water Resource Systems“ ist ein interdisziplinäres Programm (gefördert vom FWF) mit dem Ziel, komplexe Systeme von Wasserressourcen und -infrastruktur zu untersuchen und gleichzeitig für die Ausbildung der Doktoranden zu sorgen. Das ICC Water & Health trägt wesentlich zur Realisierung des international bekannten Exzellenzprogramms bei ([www.waterresources.at](http://www.waterresources.at)).

## „Wir haben Fäkalproben von 177 Wirbeltierarten gesammelt und Abwasser von kommunalen Kläranlagen auf sechs Kontinenten untersucht.“

Andreas Farnleitner

## Wasser und Mikroorganismen

Sauberes Trinkwasser ist nicht dasselbe wie völlig steriles Wasser. Bestimmte Mikroorganismen stören nicht, im Gegenteil. Sie sind Inhaltsstoff des natürlichen Wassers und sind nicht nur hygienisch völlig unbedenklich, sondern sogar erwünscht. Im Wesentlichen geht es um Bakterien, die das Wasser reinigen, wenn es im Untergrund transportiert wird. Ihnen ist es zu verdanken, dass überhaupt über sauberes Quell- und Grundwasser verfügt wird. Zudem helfen sie später noch mit, das Wasser im Leitungssystem biostabil zu halten, weil sie Nährstoffe aus dem Wasser entfernen und dadurch verhindern, dass sich unerwünschte Mikroorganismen vermehren können.

liche Parameter von der Abstammungsgeschichte der Wirtstiere, ihrer Ernährung, ihrer Herkunft sowie Lebensweise.

„Das Projekt demonstriert, welche hohe Leistungsfähigkeit molekulardiagnostische Verfahren für den Nachweis und die Identifikation fäkaler Verunreinigung haben. Sie besitzen das Potenzial, die Analysemethoden von Wasser mittelfristig zu revolutionieren“, meint Georg Reischer, Seniorscientist in der Forschungsgruppe von Farnleitner. Die Ergebnisse versprechen zudem, in der Human- und Veterinärmedizin im Bereich Darmgesundheit interessant zu sein, um unter anderem dabei zu helfen, krankhafte Veränderungen zu unterdrücken oder zu beheben. ●



# Das Wasser steigt. Der Mensch ist gefordert.

**Hochwasserszenarien werden häufiger und dramatischer. Welche Ursachen dem zugrunde liegen und wie die idealen Schutzmaßnahmen auszusehen haben, wird an der TUW in interdisziplinären Teams erforscht.**

**I**n der Nacht vom 5. auf 6. Juni 2013 erreichte die Donau in Wien einen Pegelhöchstwert von 8,09 Metern am Pegel Korneuburg. Die Gesamtabflussmenge der Donau im Wiener Raum lag bei etwas über 11.000 Kubikmetern (entspricht dem Rauminhalt von rund fünf olympischen Schwimmbecken) pro Sekunde – ein Hochwasserereignis, wie es statistisch gesehen nur alle 100 Jahre vorkommt.

Statistisch belegt ist auch, dass Hochwasserszenarien in Österreich in den letzten zwanzig Jahren immer dramatischere Formen annehmen. Ein Zusammenhang mit dem Klimawandel liegt nahe, ist laut Günter Blöschl, Vorstand des TUW-Instituts für Wasserbau und Ingenieurhydrologie, aber schwerer zu belegen, als man vermutet: „Wenn man sich nur die Intensität von Hochwasserereignissen ansieht, wird die Rolle des Klimas von anderen Effekten maskiert. Die Landnutzung, etwa Versiegelung von Flächen oder intensive Landwirtschaft, oder auch der Rückgang von - - - - ➔

-----> wasserspeichernden Auwäldern: All das hat einen sehr starken Einfluss auf Hochwasserereignisse.“

### Eine Frage des Timings

Um den Ursachen von Hochwasser und einem möglichen Zusammenhang mit Klimaveränderungen wissenschaftlich auf die Spur zu kommen, wurden im Rahmen eines internationalen Großprojekts (2012-2017) unter der Leitung von TUW-Experte Blöschl Datensätze aus 50 Jahren von über 4000 hydrometrischen Stationen aus 38 europäischen Ländern gesammelt und ausgewertet. Im Fokus standen dabei weniger vordergründige Parameter wie Wahrscheinlichkeiten oder Intensitäten als vielmehr die Jahreszeiten, zu denen Hochwasserereignisse in unterschiedlichen Regionen Europas auftreten. „Denn“, so Blöschl, „es ist der Zeitpunkt, der einen besseren Aufschluss über die Ursachen gibt.“

Die mit Modellrechnungen analysierten Daten ergaben, dass sich die Hochwässer in Europa in den letzten 50 Jahren zeitlich deutlich verschoben haben. Während etwa im Nordosten Europas, in Schweden, Finnland und im Baltikum, die Hochwässer heute um einen Monat früher als in den 1960er- und 1970er-Jahren auftreten, verzögern sie sich an den Atlantikküsten Westeuropas im Vergleich zu damals um rund zwei Wochen. Die Gründe dafür sind laut Forscher\_innen da wie dort nachweislich klimabedingt. „Im Nordosten liegt es daran, dass der Schnee früher schmilzt. In England und Norddeutschland erklärt sich die Verspätung wiederum durch vom Klimawandel



Günter Blöschl,  
Vorstand des  
TUW-Instituts für  
Wasserbau und  
Ingenieurhydrologie

veränderte Luftdruckgradienten, die mit der Erwärmung des Nordpols zusammenhängen“, so Blöschl. Seine Forschungsconclusio: „Den Zeitpunkt der Hochwässer in ganz Europa über viele Jahre hinweg analysieren zu können gibt uns ein sehr sensibles Sensorium, um die Ursachen des Hochwassers zu klären. So können wir Zusammenhänge nachweisen, über die man bisher nur spekulieren konnte.“

### Wechselspiel Wasser und Mensch

Wie komplex sich Zusammenhänge und Wechselbeziehungen zwischen Mensch/Gesellschaft und Hochwasser gestalten, erforschte kürzlich Johanna Grames vom TUW-Institut für Stochastik und Wirtschaftsmathematik (Dissertation im Rahmen des „Vienna Doctoral Programme on Water Resource Systems“). Wie verhalten sich Menschen, wenn durch Dämme das Hochwasserisiko sinkt? Soll man in gefährdeten Gebieten kapitalintensive Wirtschaft ansiedeln und den Hochwasserschutz verstärken, oder eher in weniger gefährdete Gegenden ausweichen? Antworten auf diese Fragen fand Grames mittels wirtschaftsmathematischer Analysen. Zutage kam unter anderem, dass es volkswirtschaftlich sinnvoll ist, wenn der Staat einen langfristigen Hochwasserschutz gewährleistet, und dass staatliche

Investitionen in Infrastruktur besser sind als direkte Subventionen an von Hochwassergefahr betroffene Firmen.

Die optimale Strategie ist laut Grames aber auch staatenabhängig. „In reichen Ökonomien wie Österreich oder den Niederlanden lohnen sich hohe staatliche Investitionen in Hochwasserschutz, weil Technologie und Kapital zur Verfügung stehen, um das Risiko signifikant zu reduzieren. In ärmeren Gegenden mit wenig Kapital wie etwa dem Mekong-Delta in Vietnam kann es hingegen ökonomisch sinnvoller sein, die Wirtschaftsleistung anzukurbeln und ein gewisses Hochwasserrisiko in Kauf zu nehmen, anstatt Ressourcen in Schutzmaßnahmen zu stecken, die ohnehin kaum Erfolg zeigen“, so die Forscherin.

Was staatlicher bzw. städtischer Hochwasserschutz leisten kann, zeigte sich in Wien übrigens 2013. Trotz des Jahrhundert-Pegelhochstands blieben größere Schäden in der Stadt aus. Wie man solche Hochwasserschutzmaßnahmen veranschaulicht, zeigt wiederum ein im Vorjahr errichtetes hydraulisches Modell am TUW-Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie. Im Wasserbaulabor wurde eine zwölf Meter lange und zwei Meter breite Modellsiedlung situiert, in der die Auswirkungen eines Hochwassers beobachtet und die Wirksamkeit verschiedener Schutzmaßnahmen dargestellt werden können. In den Modellversuchen wurden übliche Maßnahmen (Deichrücklegung, Staustufenmanagement und Flutpolder) getestet und mit Videos in anschaulicher Weise dokumentiert. ●

## FORSCHUNG, vernetzt

Seit 2018 ist die TU Wien Mitglied beim Disaster Competence Network Austria (DCNA - <http://dcna.at>) zur Förderung der Sicherheits- und Katastrophenforschung. Die TUW ist zudem Mitglied beim Climate Chance Center Austria (CCCA - <https://www.ccca.ac.at/>), einer österreichweiten Vernetzung der Forschenden im Bereich Klimawandel.



**Video:** Das Wasserbaulabor der TU Wien simuliert Hochwasserschutzmaßnahmen



# INTELLIGENZ TRIFFT ZUKUNFT.

**STÄRKEN SIE IHRE ARBEITGEBERMARKE AN DER TU WIEN.**

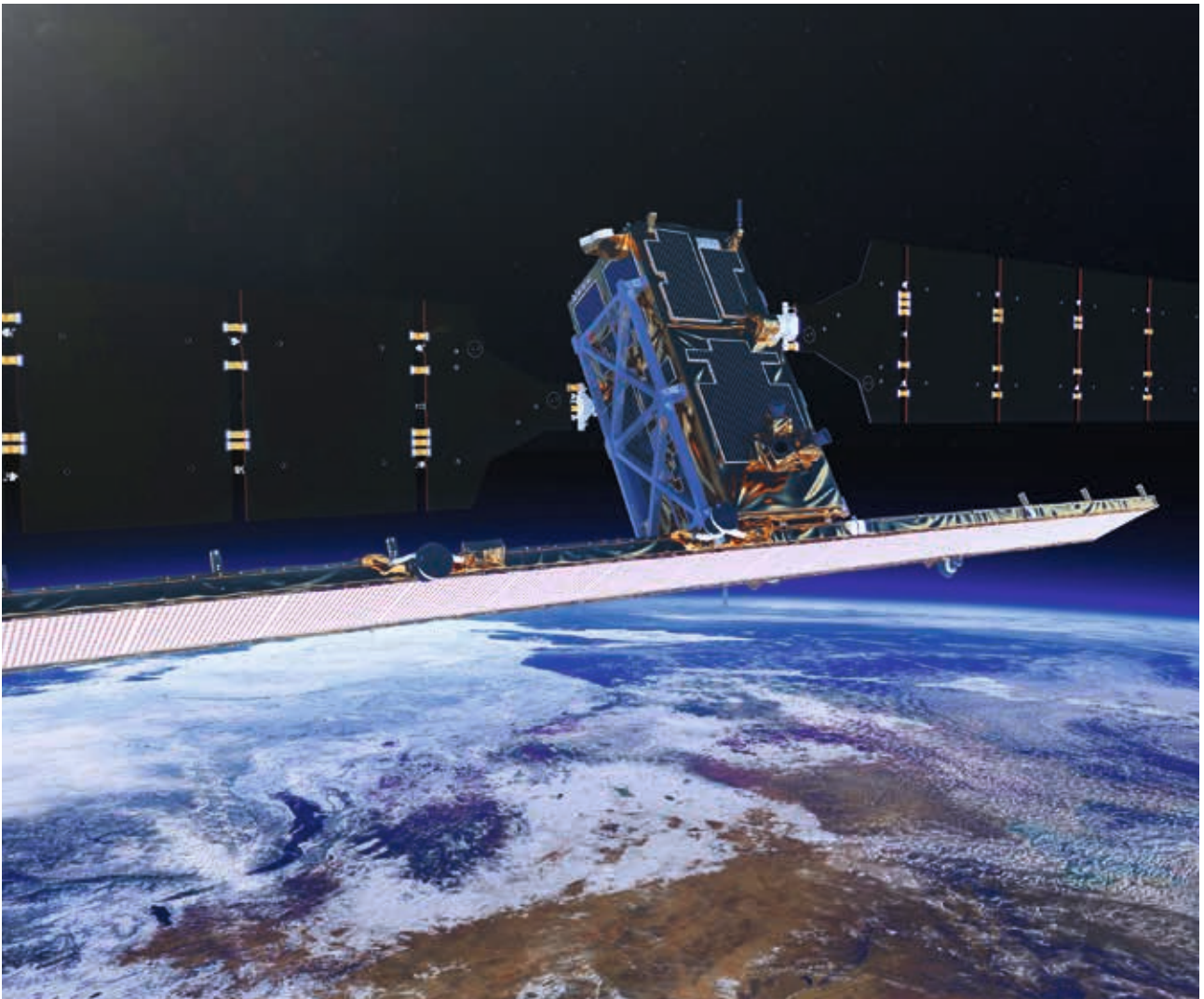
Expert_innensuche	Firmenpräsentation	Wissensvermittlung	Talente - Programme
STELLEN MARKT <hr/> RECRUITING	KARRIERE MESSEN <hr/> PRINT UND ONLINE WERBUNG	KARRIERZEIT WORKSHOPS <hr/> BERATUNG FÜR STUDIERENDE	TALENTE PROGRAMM <hr/> TALENTE PRAKTIKA

Foto: shutterstock

# Die Vermessung der Erde. Von oben betrachtet.

Während Satelliten der Sentinel-Mission den Planeten umkreisen, um ihn zu vermessen, entwickeln zu ebener Erd' Forscher\_innen Methoden, um die Datenflut nutzbringend auszuwerten. Die Erde steht jedenfalls unter strenger Beobachtung. Und es soll zu ihrem Guten sein.

Wolfgang Wagner,  
Vorstand Department für Geodäsie  
und Geoinformation,  
EOC Scientific Advisor



**E**in Sonnenuntergang in der Antarktis, eine nahezu wolkenlose Ansicht von Nordeuropa und Eisstrudel im Meer vor Grönland – Bilder von dieser Qualität hat man von der Erde noch nie gesehen. Aufgenommen wurden sie von einem 1,5 Tonnen schweren Satelliten, der Ende April vom Weltraumbahnhof Plessezk im Nordwesten Russlands planmäßig gestartet war. Der Sentinel-3B folgte dem im Februar 2016 lancierten 3A. Gemeinsam bildet das Paar das Herzstück des europäischen Copernicus-Programms, dem umfangreichsten Erdbeobachtungsprogramm der Geschichte.

Gut 80 Minuten hat es gedauert, Sentinel-3B in seinen Orbit zu bringen. In einer Höhe von 815 Kilometern umkreisen die beiden Zwillingssatelliten seitdem in einem Abstand von rund 30 Sekunden die Erde. Spezialisiert sind sie in erster Linie auf Meeresbeobachtungen. Vermessen werden etwa die Temperatur und Farbe der Meeresoberfläche, die Höhe des Meeresspiegels oder die Dicke von Meereseis-schichten. Über Land steht die Vegetation im Fokus, um in Bildern festzuhalten, wie ausgedünnt oder wie dicht sie ist.

### Familiäres Teamwork mit Österreich-Bezug

Alle zwei Tage wird die gesamte Erde komplett gescannt. Die Familie der Sentinel-Satelliten – sieben sind aktuell auf Beobachtungstour im All – setzt auf echte Teamarbeit. Befinden sich 3A und 3B über dem Festland, helfen sie den Sentinel-2-„Kollegen“ beim Aufspüren von Waldbränden und Buschfeuern, zeichnen auf, wie Landflächen genutzt werden, und messen den Wasserstand von Flüssen und Seen. Gemeinsam liefern die Sentinels Informationen über den Planeten Erde. Anhand der permanenten Messungen und Aufzeichnungen lässt sich nachvollziehen, wie sich der Meeresspiegel verändert oder wie es um die Verschmutzung der Ozeane und die Gesundheit der Meeresfauna steht. Wissenschaftliche Analysen erlauben es, die Veränderungen nicht nur in Zahlen zu gießen, sondern sie auch zu verstehen und Prognosen anzustellen.

„Wir bekommen sehr wertvolle Umweltdaten. Damit kann das Leben der Menschen verbessert, die Wirtschaft angekurbelt und die Umwelt geschützt werden“, zeigt sich Josef Aschbacher, Erdbeobachtungsdirektor der europäischen Weltraumagentur, ESA, und somit „ranghöchster Weltvermesser“, von den bislang gelieferten Bildern und Daten begeistert. Ins Detail geht Michael Aspetsberger von der Wiener Software-schmiede Catalysts, die im Bereich der Satelliten-

## Copernicus und Sentinel

Die Erde zu beobachten und zu vermessen lautet die Mission von Copernicus, einer gemeinsamen Initiative der Europäischen Union (EU), der Europäischen Raumfahrtagentur (ESA), der Europäischen Organisation für meteorologische Satelliten (EUMETSAT) und deren Mitgliedsstaaten. Die Erkenntnisse sollen für Umwelt, Klimaschutz, nachhaltige Entwicklung, humanitäre Hilfe und sicherheitsrelevante Themen fruchtbar gemacht werden.

Herzstück von Copernicus sind neue, satellitengestützte Erdbeobachtungssysteme. Fünf Serien von Satellitenmissionen stehen auf dem Programm, von Sentinel-1 (gestartet 2014) bis Sentinel-5 (Planstart, 2020). Das Konzept sieht vor, jeweils zwei operative Satelliten einer Serie zu betreiben. Dies sichert die Datenkontinuität und liefert eine bessere Abdeckung mit Erdbeobachtungsdaten.

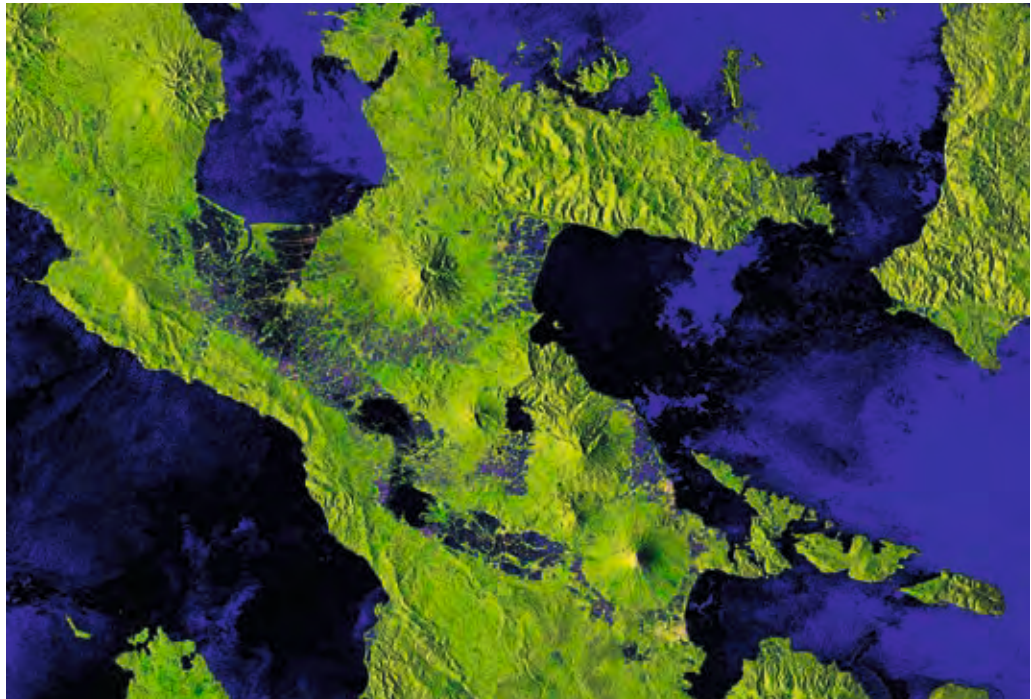
Zuletzt wurde im Mai 2018 Sentinel-3B in seinen Orbit lanciert. Im Verbund mit Sentinel-3A widmet sich das aktuelle Paar vor allem der Vermessung von Veränderungen der Erdoberfläche und der Ozeane. Bei der Datenspeicherung und Analyse spielen Infrastruktur und Forschung an der TUW eine wichtige Rolle.

Datenprozessierung tätig ist: „Der Sentinel-3B ermöglicht etwa die tagesaktuelle Messung von Schneebedeckung und Aerosolkonzentration in der Atmosphäre. Diese kleinen Partikel wie Wüstenstaub, Asche oder industrieller Feinstaub haben einen bedeutenden Einfluss auf unser Wetter und unsere Gesundheit.“ Aschbacher und Aspetsberger sind im Übrigen bei Weitem nicht der einzige österreichische Bezug zum Erdbeobachtungsprogramm. Wie groß die Rolle des kleinen Landes ist, bestätigt Christian Briese vom TUW-Department für Geodäsie und Geoinformation (Forschungsgruppe Photogrammetrie): „Österreich gehört zu den fünf europäischen Ländern, welche die Copernicus-Daten am intensivsten nutzen.“ Briese ist zugleich Managing Director des in Wien ansässigen Earth Observation Data Centre for Water Resources Monitoring (EODC). 2014 wurde es von der TU Wien, der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) und Partnerfirmen wie Catalysts gegründet. Mit GeoVille ist ebenfalls ein Tiroler Unternehmen an Bord, das auf Bildverarbeitungstechnologien spezialisiert und mittels Instrumenten der Künstlichen Intelligenz in der Lage ist, Petabytes von Bilddaten aus dem All zu analysieren.

### Erkundung aus der Ferne

Die Idee hinter dem EODC erläutert Wolfgang Wagner, Scientific Advisor im Executive Board und Vorstand des TUW-Departments für Geodäsie und Geoinformation: „Rund um die Uhr liefern Erd- - - - - ➔

Gestochen scharfe Bilder (hier Mount Mayon, Philippinen) aus rund 800 Kilometern Höhe – ein Werk der Hochpräzisionskameras der Sentinel-Satelliten



-----> beobachtungssatelliten wissenschaftlich bedeutsame Daten, zum Beispiel für die Klimaforschung. Die gewaltigen Datenmengen, die dabei anfallen, lassen sich auf gewöhnlichen Computern nicht speichern und bearbeiten. Um sie aufzubewahren und auf effiziente Weise der Forschung zugutekommen zu lassen, braucht es solche Datenzentren.“ Das Datenmaterial zu analysieren ist an der TUW unter anderem Aufgabe der Forschungsgruppe Fernerkundung (Remote sensing). Seit Jahren werden stetig verbesserte Algorithmen entwickelt, die aus den Daten der Satelliten die Bodenfeuchte auf der ganzen Welt analysieren und Zeitreihen berechnen. „Satelliten senden gezielt Mikrowellenpulse auf die Erde und messen, wie stark dieser Puls von der Erdoberfläche reflektiert wird. Im Gegensatz zu sichtbarem Licht durchdringt Mikrowellenstrahlung die Wolkendecke problemlos“, erklärt TUV-Wissenschaftspreissträger Wouter Dorigo. Das sei zum Beispiel in tropischen Wäldern interessant, weil dort optische Sensoren durch Wolkenschichten nicht „hindurchsehen“. „Die Methoden funktionieren sehr gut. Es geht aber vor allem darum, sie auf konkrete Fragen aus der Klimaforschung anzuwenden“, so Dorigo.

Im Zentrum des Forschungsinteresses stehen stets die Entwicklungen rund um die Erderwärmung, die laut Experten Änderungen im globalen Wasserhaushalt

verstärken. Anzeichen dafür, dass sich der Wasserkreislauf weltweit verändert, existieren bereits. Statistiken belegen: Trockene Regionen werden trockener, nasse Regionen noch nasser.

### Teufelskreislauf Erderwärmung

Zu erwarten sind in Zukunft ein Anstieg in Häufigkeit und Heftigkeit von Stürmen, Überflutungen und Dürren. Die negativen Auswirkungen von extremen Trockenperioden können dramatisch sein, gefährden sie nicht zuletzt die Versorgungssicherheit mit Nahrungsmitteln. Notwendig sind Klimavorhersagemodelle, die bislang jedoch mit großer Unsicherheit behaftet waren. Es fehlte an einem ausreichenden Verständnis für die Rolle der Bodenfeuchte im globalen Klimasystem und die langfristigen Effekte der Dürre auf die Vegetation. Um Mechanismen – wie jenen von höheren Temperaturen, die zu stärkerer Verdunstung und trockenen Böden führen, was wiederum die Luft

**„Um die gewaltigen Datenmengen aus der Klimaforschung zu speichern und zu bearbeiten, braucht es Hightech-Datenzentren wie das EODC.“**



stärker aufheizt – im Detail zu verstehen, benötigt man bessere und langfristige Messdaten. Geliefert werden diese nun von den neuesten Satelliten aus dem Sentinel-Programm.

Die Bodenfeuchte-Berechnungen der TUW-Forscher\_innen und deren Auswirkungen auf die Vegetation werden unter anderem herangezogen, um Vorhersagemodelle für die Sachstandsberichte des Weltklimarats (IPCC) zu verbessern. Zuletzt trugen sie dazu bei, die dramatischen Trockenperioden, die 2017 in Südwesteuropa beobachtet wurden, zu illustrieren.

### Reine Luft, rückwärts und vorwärts

Einen großen Stellenwert hat im Rahmen der österreichischen Beteiligung am Copernicus-Programm auch die Kooperation mit der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG). „Der Sentinel-Datenfluss läuft von Servern der ESA über einen von der ZAMG umgesetzten Data Hub Relay und den Sentinel National Mirror Austria. Letzterer ist ein Web-Interface. Nach Registrierung können gewünschte Satellitendaten gesucht und lokal gespeichert werden“, erläutert TUV-Professor und EODC-Managing Director Briese. Österreich gehöre somit zu den wenigen Ländern, in denen bereits ein öffentlicher und kostenloser Zugang zu den Daten der Sentinel-Satelliten eingerichtet wurde.

„Wir bieten Satelliten-Grundlagen für verschiedenste Anwendungen, eine schnelle Verfügbarkeit der Daten für Nutzer unterschiedlichster Art und Schnittstellen zur automatischen Datenverarbeitung“, erklärt ZAMG-Direktor Michael Staudinger. Welch breiter Nutzen daraus gezogen werden kann, zeigt sich am Beispiel des Sentinel-5P, der im Oktober 2017 (als sechster Sentinel-Satellit) in seine Umlaufbahn gestartet ist. Das „P“ steht für Precursor, übersetzt Vorläufer, da er als erster Satellit der Copernicus-Mission der extrem genauen Schadstoffüberwachung der Atmosphäre dient. An Bord des Satelliten befindet sich das hochentwickelte Instrument Tropomi, mit dem zahlreiche Spurengase kartiert werden, die Auswirkungen auf Atemluft, Gesundheit und Klima haben. „In Österreich werden die Daten von Sentinel-5P unter anderem von der ZAMG genutzt, um die flächendeckenden Informationen von Schadstoffen zu verbessern“, erläutert Marcus Hirtl, Experte für Umweltmeteorologie. „Bodenstationen messen zwar sehr gut an bestimmten Punkten rund um die Uhr Schadstoffe, aber zwischen den Stationen haben wir in vielen Gebieten nur wenige Informationen.“ Sentinel-5P umkreist die Erde und misst dabei ein Mal pro Tag flächendeckend die Schad-

Wouter Dorigo,  
Department für Geodäsie und Geoinformation,  
TUW-Wissenschaftspreisträger der  
Forschungsgruppe Fernerkundung



stoffe über Österreich. In Computermodellen werden die Daten der Bodenstationen und des Satelliten kombiniert. Daraus lässt sich präzise die Schadstoffverteilung analysieren, die als Ausgangsbasis für die Vorhersage der Luftqualität in den nächsten Stunden und Tagen dient.

Erkenntnisreich ist laut Hirtl auch der Umstand, dass die Schadstoffverteilung nicht nur in die Zukunft, sondern ebenfalls in die Vergangenheit gerechnet werden kann: „Wird zum Beispiel über Österreich oder anderen Teilen Europas eine hohe Konzentration bestimmter Schadstoffe gemessen, können wir die Modelle auch rückwärts laufen lassen. So lässt sich feststellen, aus welcher Region diese Schadstoffe kommen.“ Durch die neuen Daten von Sentinel-5P können somit die Verursacher von Luftverschmutzungen besser festgestellt und gezielte Maßnahmen zur Luftreinhaltung unternommen werden.

[www.sentinel.zamg.ac.at](http://www.sentinel.zamg.ac.at)

## Lehre von Vermessung und Geoinformation

In den Bachelor- und Masterstudien Geodäsie und Geoinformation wird die Kompetenz geschult, räumliche Daten zu erfassen, zu modellieren, zu verknüpfen und der Gesellschaft zu vermitteln. Im Fokus steht zudem die Entwicklung von Software und Instrumenten für diese Zwecke. Die Kommunikation raumbezogener Inhalte ist ebenfalls Kernelement des Internationalen Masterstudiums Cartography. Gelehrt werden Methoden zur Erstellung klassischer statischer Karten, aber auch Location-Based Services, mobile Kartographie, Internet-Kartographie und GIS-basierte Geodatengeneralisierung und -visualisierung. Eine Besonderheit des rein englischsprachigen Masters liegt in der Kooperation der Technischen Universitäten in Wien, München und Dresden. An jedem der drei Standorte gilt es ein Semester zu absolvieren. Freie Wahl besteht für das vierte Semester zur Abfassung der Masterarbeit.

Am 2. Oktober 1991 machte sich TUW-Absolvent Franz Viehböck an Bord der Sojus-Rakete TM-13 auf den Weg zur Raumstation MIR. Der Blick von oben wird sein Leben auf der Erde entscheidend prägen.

# „Vieles ergibt erst einen Sinn,

wenn man aus der Ferne das große Ganze in den Blick bekommt.“



Franz Viehböck

## Sie haben die Erde von unten und von oben gesehen. Was macht den Unterschied?

Der Blick von außen macht den Unterschied. Die Erde von oben, das ist ergreifend. Eine blaue Kugel. Man weiß es zwar, dass rund zwei Drittel der Erdoberfläche aus Wasser bestehen. Aber es mit eigenen Augen aus dem All zu sehen, ist eine unvergleichlich eindringlichere Erfahrung als auf einer Landkarte oder einem Globus. Es gibt viele fantastische Dinge, die man von oben sieht; ich erinnere mich zum Beispiel an den Himalaya. Und man erkennt erstaunlich kleine Objekte wie etwa Brücken, sofern die farbliche Kontrastierung mit der Umgebung es ermöglicht. Bemerkenswert war für mich die Erdatmosphäre. Aus der Entfernung wird einem klar, dass sie wie eine dünne, zarte Schutzschicht den Erdball umhüllt. In diesem Moment ist mir die Verletzlichkeit unseres Planeten bewusst geworden. Das hat mich sehr berührt.

## Das sind die schönen Seiten. Gibt es auch hässliche Anblicke, die Ihnen in Erinnerung geblieben sind?

Leider ja. Die brennenden Ölfelder nach dem Irakkrieg. Die weißen Rauchschwaden der Brandrodungen der Amazonas-Wälder. Der ausgetrocknete Aralsee, ein weißgrauer Fleck von oben, dort, wo früher eine blaue Fläche Wasser, so groß wie Bayern, war. Braune Massen von verschmutzten Flüssen, die ins Meer

fließen. Alles von Menschenhand verursacht. Eine besondere Episode dazu: Meine Frau ist Kroatin, unsere Tochter ist am ersten Tag der Mission zur Welt gekommen. Ein paar Tage später, in der Raumstation, wurden mir Bilder zugespielt, genau in einem Moment, als ich die kroatische Küste sehen konnte. Ich erzählte ihr das begeistert. Sie antwortete: „Kannst Du auch die Bomben sehen, die jetzt auf Dubrovnik fallen?“ Es war gerade Krieg in der Heimat meiner Frau.

## Wie haben Sie, zurück auf der Erde, die positiven und negativen Eindrücke verarbeitet? Was hat sich für Sie verändert?

Ich war schon immer sensibel und empfänglich für die Natur. Das hat sich verstärkt. Die Schönheit der Bilder und der Eindruck der Verletzlichkeit unseres Planeten haben mich sicher für das weitere Leben geprägt. Wenn man gesehen hat, was unsere Erde an Fantastischem zu bieten hat, und zugleich mit ansehen muss, wie der Mensch selbst es gefährdet, fällt es schwer, weiter tatenlos herumzusitzen. Es ist mir zum Anliegen geworden, mein vertieftes Bewusstsein anderen zugänglich zu machen, etwa in Form von Vorträgen. Im kleinen, privaten Rahmen bemühe ich mich um eine Lebensweise, die im Einklang mit der Umgebung ist und die der Natur möglichst wenig Schaden zufügt – auch wenn ich da noch einiges verbessern kann. Verändert hat sich aber nicht nur mein ökologisches Bewusstsein. Sehr eindrücklich war für mich auch, dass von weit oben betrachtet unnatürliche, politisch gezogene Landesgrenzen ihre Bedeutung verlieren. Das Eingrenzen und Besitzen wollen, das uns auf der Erde oftmals so prägt, das verliert an Sinn. Vieles ergibt erst Sinn, wenn man das große Ganze als Einheit in den Blick bekommt.

## An der TU Wien wurden architektonische Konzepte für ein Monddorf entworfen. Weltweit wird an einer Reise zum Mars gearbeitet, eventuell sogar an dessen Besiedelung. Ergibt das Sinn, wenn der Mensch nicht einmal die Probleme auf der Erde in den Griff bekommt?

Nein und ja. Nein, wenn Mond oder Mars als Orte angedacht werden, wohin die Menschen flüchten können, nachdem sie den eigenen Planeten zugrunde gerichtet haben. Für solche Pläne habe ich kein Verständnis. Es ergibt hingegen sehr wohl Sinn, Mond, Mars und den Weltraum allgemein zu erforschen, um mit diesen Erkenntnissen den eigenen Planeten besser zu verstehen – und ihn zu beschützen. ●

**Studierende  
lesen  
günstiger!**



# Weil Studieren teuer genug ist

# Die Presse

... gibt's für alle Studierenden unsere günstigsten Aboangebote.  
Wir bringen komplexe Inhalte kompakt und klar auf den Punkt – und  
das zu einem unschlagbaren Preis! Mach dir dein eigenes Bild:

[DiePresse.com/studentenabo](http://DiePresse.com/studentenabo)

A man with a beard and blue shirt is leaning over a desk in a workshop or lab. He is looking at a laptop and a robotic device. The background is filled with technical equipment and a grid of data points.

**SIEMENS**

*Ingenuity for life*

**Sie haben das Talent.  
Wir haben den Job.**

**Verändern Sie die Welt – gemeinsam mit uns.**

Siemens Österreich ist eines der größten Softwareunternehmen der Industrie. Wir elektrifizieren. Wir automatisieren. Wir digitalisieren. Wir verändern die Welt mit unseren Ideen und mit Verantwortung. Möchten auch Sie die Welt verändern? Mit Ihren Ideen? Dann bewerben Sie sich noch heute bei Siemens Österreich. Be part of it!

**Sie haben  
Ideen für  
die digitale  
Zukunft?**

**Bewerben!**

**siemens.at/  
digitaljob**

**siemens.at/digitaljob**