

Engagement der TUM im Globalen Süden

**Drei Fragen an Prof. Juliane Winkelmann,
Vizepräsidentin für Internationale Allianzen & Alumni**

Frau Prof. Winkelmann, warum engagiert sich die TUM in vielfältigen Partnerschaften mit Institutionen aus dem Globalen Süden?

Als führende und global agierende Universität trägt die TUM die Verantwortung, technischen Fortschritt, Wissen und unternehmerische Fähigkeiten nicht nur vor Ort in Bayern, sondern auch gemeinsam mit ihren Partnern im Sinne des wissenschaftlichen Erkenntnisgewinns in anderen Weltregionen zu fördern und zu entwickeln. Dies schließt selbstverständlich auch den Globalen Süden ein, in dem – je nach Ansatz – bis zu 85% der Weltbevölkerung leben. Es ist mittlerweile ja eine Binsenweisheit: Lösungen für die großen Herausforderungen unserer Zeit können und werden wir nur in globaler Zusammenarbeit erarbeiten. Um unserer Verantwortung gerecht zu werden, wollen wir also wissenschaftliche Talente befähigen bzw. dazu anregen, im Globalen Süden die technologischen als auch ökonomischen Rahmenbedingungen zu schaffen, die gemeinsamen Wohlstand und Prosperität generieren.

Unser Magazin berichtet über Forschung an der TUM. Die TUM ist im Globalen Süden unter anderem mit Bildungs- und Austauschprogrammen engagiert. Welchen Anteil nimmt die Forschung ein?

Die TUM steht dem Humboldtschen Ideal folgend für exzellente Lehre und Forschung und ich möchte behaupten, dass ohne hervorragende Forschung exzellente Lehre nur schwer denkbar ist. Insofern ist Forschung ganz natürlich ein essentieller Bestandteil unserer Zusammenarbeit mit dem Globalen Süden – eine ganze Reihe spannender Bei-

spiele werden ja in diesem Heft dargestellt. Sehr spannend an der Forschungszusammenarbeit mit dem Globalen Süden: Häufig wird geforscht, um einen unmittelbaren Impact zu erzeugen. Es kann sehr befriedigend sein, wenn man sieht, wie die lösungs- und anwendungsorientierte Forschung, die man betreibt, unmittelbare Auswirkungen vor Ort hat. Man denke an die SEED Living Labs, die in Gemeinschaften erstmals Elektrizität verfügbar machen und den Impact erforschen.

Was können die Wissenschaftlerinnen der TUM aus der gemeinsamen Forschung mit Kollegen des Globalen Südens lernen?

Forschung lebt vom Einbezug vielfältiger Perspektiven und unterschiedlichen Wissens – das ist in der Zusammenarbeit mit dem Globalen Süden nicht anders als an anderer Stelle. In der Vergangenheit wurden allerdings die Perspektiven und das Wissen im Globalen Süden in der wissenschaftlichen Kooperation bisweilen marginalisiert und Zusammenarbeit fand nicht immer auf Augenhöhe statt. Da sind wir heute weiter: Wir verstehen, dass wir viel von den Kolleginnen und Kollegen und Communities im Globalen Süden lernen können und müssen, sei es über soziokulturelle und wirtschaftliche Rahmenbedingungen vor Ort, natürliche Gegebenheiten oder darüber, welche Fragestellungen besonders relevant sind oder welche Daten wo und wie zu erfassen sind. Nur gemeinsam lassen sich komplexe Themen erforschen – da hat jede Seite viel einzubringen. ■



Bildnachweis: Astrid Eckert/TUM; Grafiken: edlundsepp

Was bedeutet „Globaler Süden“?

Der Begriff ‚Globaler Süden‘ soll die Situation von Ländern in unserer globalisierten Welt möglichst wert- und hierachiefrei beschreiben. Ein Land des globalen Südens ist ein politisch, wirtschaftlich oder gesellschaftlich benachteiligter Staat. Demgegenüber wird Ländern des Globalen Nordens eine privilegierte Position bezüglich Wohlstands, politischer Freiheit und wirtschaftlicher Entwicklung zugeschrieben. Die Bezeichnungen sind nur bedingt geografisch zu verstehen. So werden Australien und Neuseeland dem Globalen Norden zugeordnet, Länder wie Afghanistan und die Mongolei wiederum dem Globalen Süden.

Ein Parasit mit Nebenwirkungen

Eine Infektion mit dem Schweinebandwurm ist eine der Hauptursachen für Epilepsie, an der circa 50 Millionen Menschen weltweit, vor allem im Globalen Süden leiden. Mit der richtigen Therapie ist die Krankheit heilbar. Noch besser ist jedoch gute Aufklärungsarbeit und Prävention unter dem One Health-Ansatz.



Tansania

Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-30

A Parasite with Side Effects

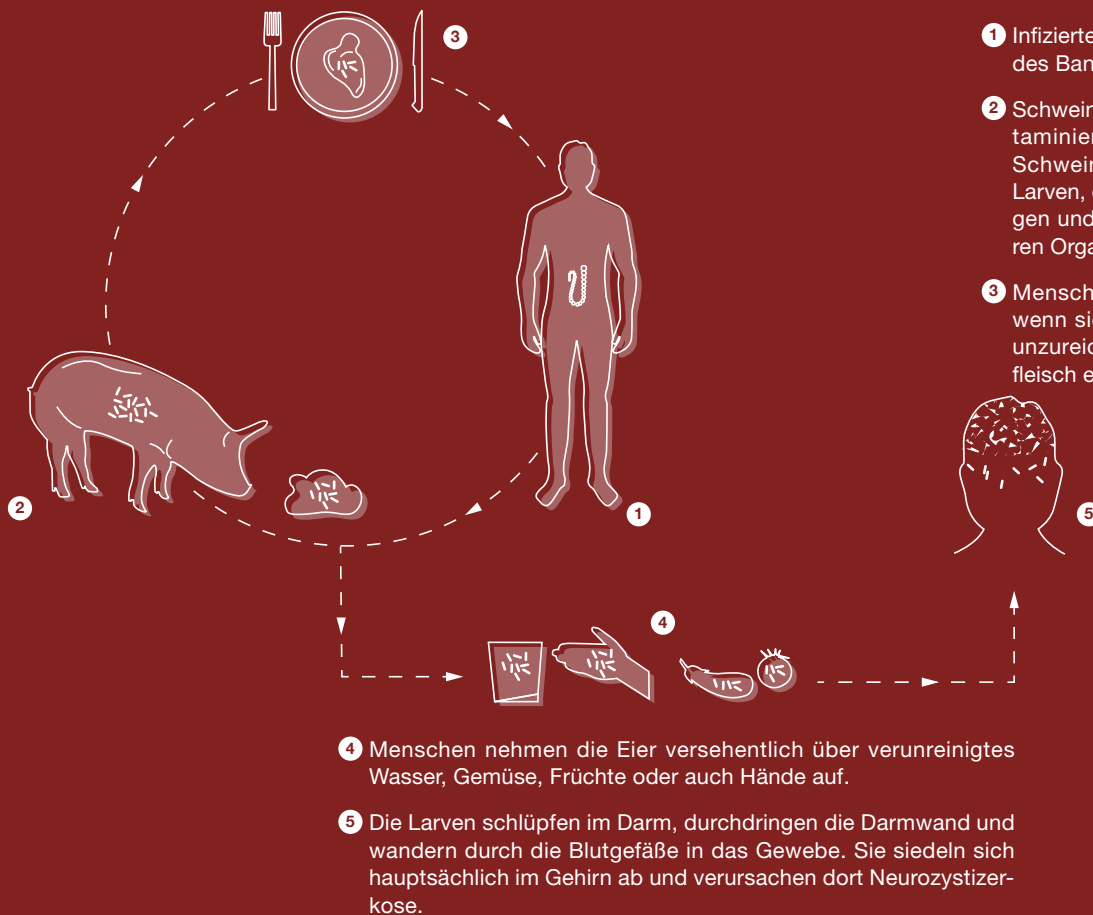
E

Neurological disorders account for the largest burden of disease and the second highest mortality worldwide. Professor Andrea Winkler researches the link between epilepsy and neurocysticercosis – an infection with pork tapeworm (*Taenia solium*) larvae in the brain. Her focus, however, is not only on developing new diagnostic and therapeutic options, but also on improved prevention as part of a One Health approach. □

Link

www.med.tum.de/de/center-global-health

www.neurologie.mri.tum.de/de/arbeitsgruppen/globale-neurologie-neuroinfektiologie



1 Infizierte Menschen scheiden die Eier des Bandwurms aus.

2 Schweine nehmen die Eier über kontaminierten Kot auf. Im Darm des Schweins schlüpfen aus den Eiern Larven, die die Darmwand durchdringen und sich in Muskeln oder anderen Organen als Zysten ablagern.

3 Menschen nehmen die Zysten auf, wenn sie kontaminiertes rohes oder unzureichend gekochtes Schweinefleisch essen.

4 Menschen nehmen die Eier versehentlich über verunreinigtes Wasser, Gemüse, Früchte oder auch Hände auf.

5 Die Larven schlüpfen im Darm, durchdringen die Darmwand und wandern durch die Blutgefäße in das Gewebe. Sie siedeln sich hauptsächlich im Gehirn ab und verursachen dort Neurozystizerkose.

Neurozystizerkose: eine Hauptursache von Epilepsie. Der Lebenszyklus des Schweinebandwurms (*Taenia solium*) umfasst den Menschen als Hauptwirt und das Schwein als Zwischenwirt; durch mangelnde Hygiene und sanitäre Einrichtungen kann der Mensch zufällig zum Zwischenwirt werden und eine Neurozystizerkose entwickeln.

Im Jahr 2002 reist Andrea Sylvia Winkler nach Tansania. Während andere in der Savanne auf Fotosafari gehen, will die junge Ärztin dort den Menschen helfen, die an Epilepsie leiden. Schnell merkt sie, dass bisher nur sehr wenig über diese Krankheit und die lokalspezifischen Ursachen bekannt ist. Auch heute, mehr als zwanzig Jahre später, hat die Expertin für Globale Neurologie von der TUM das Thema nicht mehr losgelassen. „Für einen großen Teil der Patienten gibt es die Hoffnung auf Heilung“, erklärt Winkler.

Neurologische Krankheiten wie Epilepsie, aber vor allem auch Schlaganfall und Demenz, haben weltweit die größte Krankheitslast und die zweitgrößte Mortalität und betreffen immer mehr auch den Global Süden. Doch gerade in ärmeren Ländern haben die Krankheiten oft andere Ursachen, sodass spezifische Forschung notwendig ist.

Anders als etwa in Deutschland werden rund ein Drittel aller Epilepsie-Fälle in Tansania durch eine Infektion mit dem Schweinebandwurm *Taenia solium* verursacht. Dieser

Parasit lebt vornehmlich als Larve im Muskelgewebe von Schweinen und als ausgewachsener Bandwurm im Darm von Menschen. Über verunreinigtes Wasser und Nahrungsmittel, aber auch mangelnde Hygiene können Menschen jedoch die Eier dieses Bandwurms aufnehmen. Aus den Eiern schlüpfen Larven, jede etwa einen halben bis einen Zentimeter groß, die die Darmwand durchdringen und in Muskeln, Haut oder vor allem das Gehirn gelangen können. Die Larven verkapseln sich und werden daher vom Immunsystem nicht erkannt. Viele der Patientinnen und Patienten sind jahrelang symptomfrei und haben keine Ahnung davon, dass sie eine tickende Zeitbombe in sich tragen. Erst wenn ein bisher unbekannter Trigger dazu führt, dass das Immunsystem die verkapselten Larven angreift, kommt es zu einer Entzündungsreaktion, die unter anderem starke Kopfschmerzen, Lähmungen, Einschränkungen der intellektuellen Fähigkeiten oder eben Epilepsie auslösen kann. Mediziner sprechen von einer Neurozystizerkose (NCC).

Vernachlässigte Tropenkrankheit

Nicht nur in Tansania kommt der Schweinebandwurm vor, auch andere Länder in Subsahara-Afrika, Lateinamerika oder Südostasien sind betroffen. Trotzdem gehört **NCC**¹ zu den vernachlässigten Tropenkrankheiten. Es gibt bisher nur wenig Forschung auf diesem Gebiet. Fördermittel? Fehlanzeige. Andrea Winkler muss anfangs also vor allem die Geldgeber davon überzeugen, dass es sich lohnt, in die Forschung zu Prävention und Behandlung solcher arbeitsbedingten Krankheiten zu investieren. Ihre Forderung ist klar: „Wir Europäer müssen das Thema ernst nehmen! Wir haben eine moralisch-gesellschaftliche Verpflichtung dazu und wir werden aufgrund der Migration auch in Europa immer mehr NCC-Fälle sehen. Außerdem generiert die Forschung an NCC wertvolle Erkenntnisse, die sich auf andere neurologische Erkrankungen übertragen lassen.“

Seit 2016 gibt es in dieser Hinsicht große Fortschritte. Mit Hilfe von Fördergeldern aus dem Bundesministerium für Bildung und Forschung wie auch der EU konnten die Kooperationsprojekte SOLID und CYSTINET-Africa gestartet werden. Andrea Winkler, inzwischen Oberärztin in der Neurologie an der TUM und Professorin für Global One Health an der Universität Oslo, ist Co-Direktorin von CYSTINET-Africa. Ebenfalls mit an Bord sind ihre Kollegin

1 Neurozystizerkose (NCC)

Als Neurozystizerkose bezeichnet man eine Infektion mit Larven des Schweinebandwurms im Gehirn, die zu neurologischen Erkrankungen, wie beispielsweise Epilepsie, führen kann.

Prof. Clarissa Prazeres da Costa von der TUM sowie vier Forschungsinstitute und Universitäten aus Tansania, Sambia und Mosambik. Gemeinsam wollen sie herausfinden, wie man NCC besser diagnostizieren und behandeln kann. Gleichzeitig soll Aufklärungsarbeit vor Ort die Bevölkerung für diese Krankheit sensibilisieren.

Ein Problem bisher war, dass eine NCC nur mit bildgebenden Verfahren wie CT oder MRT zweifelsfrei diagnostiziert werden kann. Doch die dafür notwendigen Geräte sind teuer und in Afrika selten zu finden. Im Rahmen von SOLID wurde ein günstiger und einfach durchzuführender Bluttest entwickelt, der sehr gute Hinweise darauf liefert, ob jemand mit dem Schweinebandwurm infiziert ist oder nicht. Nur wer einen solchen positiven Bluttest erhält, soll anschließend weiter untersucht werden. Der Test wurde bereits im Krankenhaus und im Feld getestet. Die Ergebnisse wurden vor kurzem in *The Lancet Infectious Diseases* veröffentlicht. ▶



Während ihres Aufenthalts in Tansania untersucht Andrea Winkler ein Kind auf mögliche neurologische Erkrankungen.

Interdisziplinäre Forschung für bessere Prävention

Das Besondere an beiden Projekten ist die Interdisziplinarität. „Wir sehen das Problem nicht nur als ein Medizinisches“, sagt Andrea Winkler. Sie, selbst Medizinerin, weiß nur zu gut, wo die Grenzen ihres Fachgebiets liegen. Kann man Millionen von Menschen, die an NCC leiden, eine adäquate Behandlung mit teuren Medikamenten und komplizierten Operation bieten? Leider nein. Kann man Neuinfektionen verhindern oder zumindest vermeiden? Ja, das ginge.

Also geht sie einen Schritt zurück. An den Zeitpunkt, bevor eine Behandlung überhaupt notwendig wird. Daher sind auch Veterinärmedizinerinnen und Sozialwissenschaftlerinnen Teil des Teams. Gemeinsam beraten sie, wo die Probleme liegen, was verbessert werden muss. Gemeinsam mit Vertretern aus der Politik und anderen Entscheidungsträgerinnen entwickeln sie Policies, die unter anderem in Leitlinien von lokalen und globalen Entscheidungsträgern, wie beispielsweise der Weltgesundheitsorganisation (WHO), aufgenommen werden. „Unser Augenmerk liegt nicht nur auf der Therapie, sondern auch auf dem präventiven Ansatz, denn eine Behandlung beim Mensch ist zwar möglich, aber teuer“, erklärt Winkler.

Fachleute reisen in die Dörfer und sprechen mit den Menschen über die Verbreitung des Parasiten und wie man ihn eindämmen kann. Dazu gehört, kein rohes Schweinefleisch zu essen, kranke Tiere mit günstigen Wurmmitteln zu behandeln und die Tiere in Ställen zu halten, damit sie nicht frei durch die Dörfer laufen und sich an der Fäzes

„Wir Europäer müssen armutsbedingte Krankheiten ernst nehmen. Wir haben eine moralisch-gesellschaftliche Verpflichtung dazu und wir werden aufgrund von Migration auch in Europa immer mehr NCC-Fälle sehen.“

Andrea Sylvia Winkler

von Leuten, die den Bandwurm tragen, infizieren können. Über allem steht der globale One Health-Ansatz, also dass man die Gesundheit des Menschen nur erreichen kann, wenn auch Tiere und Umwelt gesund sind.

Um diesem Ziel näher zu kommen, hat Andrea Winkler im Jahr 2017 gemeinsam mit Clarissa Prazeres da Costa – und unterstützt durch die Abteilung für Neurologie und das Institut für Medizinische Mikrobiologie, Immunologie und Hygiene – das Center for Global Health an der TUM ins Leben gerufen. Ziel des Zentrums ist es, Forschungs- und Lehrprojekte zum Thema Globale Gesundheit zu initiieren und Fachleute unterschiedlicher Disziplinen miteinander zu vernetzen: „Wir treten aus dem nationalen Rahmen heraus und kooperieren weltweit.“ ■

Claudia Doyle



Prof. Andrea Sylvia Winkler

hat an der LMU München Medizin studiert und in Neurowissenschaften promoviert. Anschließend erwarb sie einen zweiten Dokortitel von der University of London in klinischer Neurologie. Seit 2011 ist sie Oberärztin in der Neurologie an der TUM sowie Gründungsdirektorin des TUM Center for Global Health zusammen mit Prof. Prazeres da Costa. Ihre Berufung auf eine Professur für Global One Health erhielt Andrea Winkler 2016 an der Universität Oslo. Seit Mai 2023 hält sie eine Gastprofessur an der Harvard Medical School. Ein Schwerpunkt ihrer Arbeit ist die Forschung an vernachlässigten neurologischen Krankheiten in Subsahara-Afrika zusammen mit dem One-Health-Ansatz.

Bezahlbarer Strom für entlegene Dorfgemeinschaften

Was passiert, wenn Solarstrom ins Dorf kommt? Prof. Frank-Martin Belz und sein Team untersuchen in ländlichen Regionen von Entwicklungsländern, welche unternehmerischen Aktivitäten sich entfalten, wenn diese mit Energie versorgt werden.

Link

www.ie.mgt.tum.de/en/sustainability

www.seed.tum.de



Mali
Kenia
Uganda

Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-30

Informal Economies: The West Needs to Abandon its Misconceptions

E

Prof. Frank-Martin Belz is setting up living labs in rural regions of developing countries and investigating what entrepreneurial activities unfold when an energy supply is available. His doctoral student Esther Salvi is researching the shadow economy in such rural regions. The sector is neither regulated nor taxed or supervised by the state and is characterized by oral agreements, traditions or rites. □



Prof. Frank-Martin Belz

studierte Betriebswirtschaftslehre an der Universität Mannheim, promovierte und habilitierte an der Universität St. Gallen (Schweiz). Er ist Professor für unternehmerische Nachhaltigkeit an der TUM School of Management und Direktor des TUM SEED (Sustainable Energies, Entrepreneurship and Development) Center, das international und interdisziplinär ausgerichtet ist.

„Weltweit haben rund 700 Millionen Menschen keinerlei Zugang zu Elektrizität. Die meisten von ihnen leben in Sub-Sahara Afrika – weit weg vom nationalen Stromnetz. Hier können sogenannte Mini Grids, bestehend aus Photovoltaikanlagen und Batterien, zuverlässig bezahlbaren Strom für ein ganzes Dorf liefern“, erläutert Frank-Martin Belz, Professor für unternehmerische Nachhaltigkeit an der TUM.

Die Dorfgemeinschaften könnten damit ihre Mühlen antreiben, die Felder mit Wasserpumpen bewässern – und die lokale Wirtschaft voranbringen. In der Regel setzt sich letztere aus familiären Kleinunternehmen zusammen, die meist in der Landwirtschaft tätig sind. Mit einer sicheren Stromversorgung könnten die Frauen und Männer auch einen Internetkiosk, eine TV-Bar oder eine Näherei betreiben.

In der Vergangenheit hat sich Belz mit Nachhaltigkeitsaktivitäten von Großunternehmen in Industrienationen beschäftigt. Dabei fiel ihm die mangelnde Bereitschaft für Veränderung auf. Der passionierte Triathlet wollte aber etwas bewegen, also veränderte er sich selbst: Er richtete sein Forschungsinteresse auf Gründer, „die soziale und ökologische Ziele verfolgen und unternehmerische Lösungen für Nachhaltigkeitsprobleme entwickeln“.

„Die letzten zehn Jahre meiner Karriere“, erzählt der 57jährige, „will ich den Zusammenhang von nachhaltigen Energien und Unternehmertum im Globalen Süden erforschen. Dabei spielen für mich nicht nur wissenschaftliche Publikationen eine Rolle, sondern auch der Aufbau sogenannter Living Labs, in denen wir Mini-Grids in ländlichen Regionen bauen und die Menschen mit Strom aus regenerativen Quellen versorgen.“

„Ich baue sogenannte Living Labs auf, indem wir Mini-Grids in ländlichen Regionen bauen und die Menschen mit Strom aus regenerativen Quellen versorgen.“

Frank-Martin Belz

Ein solches Reallabor entstand in Uganda. Gemeinsam mit Projektpartnern haben die Forscher in Kyampisi ein Stromnetz mit 28 Solarpaneelen inklusive Speicher aufgebaut. Nun untersucht das TUM-Forschungsteam, welche wirtschaftlichen Aktivitäten entstehen, wenn ein lokales Netz die Stromversorgung sichert. Bislang verrotten Papayas und Mangos auf den Feldern. Der Zugang zu Energie stärkt die dortigen Bauern und ermöglicht ihnen, ihre Früchte zu lagern und weiterzuverarbeiten. So können sie wirtschaftlich wachsen und ihre Lebensqualität verbessern. ▶





Aus einem vorherigen Mini-Grid-Projekt in Kenia wissen die Forschenden, dass die lokalen Stromnetzbetreiber nicht nur auf Privatkunden setzen können, um profitabel zu wirtschaften. Sie benötigen auch eine bestimmte Anzahl Kleinstunternehmer, die den Strom abnehmen und bezahlen. Derzeit versuchen die Beteiligten gemeinsam mit den Mikrounternehmern in Kyampisi ein entsprechendes Geschäftsmodell zu gestalten, um eine nachhaltige Entwicklung anzustoßen.

Ein zweiter Faktor betrifft soziale Aspekte: Stellt sich der wirtschaftliche Erfolg ein, erwächst daraus eine finanzielle Verpflichtung gegenüber der Großfamilie. Hier gilt es zu erforschen, welchen Weg die Neugründungen einschla-

gen, wie sich die Familiensituation ändert und welche Möglichkeiten sich Frauen eröffnen. Mit dem Bereich informelle Ökonomie ergab sich ein weiteres Forschungsfeld, das Belz' Team in Mali untersucht hat.

Belz erinnert die derzeitige Situation in den ländlichen Regionen Afrikas an Deutschland Anfang des 20. Jahrhunderts: Der Aufbau der Energieversorgung war die Grundlage für den wirtschaftlichen Erfolg. Bis 2030 möchte der gebürtige Konstanzer die notwendige Infrastruktur aufbauen, um acht Dörfer in verschiedenen afrikanischen Staaten zu elektrifizieren und damit die Entwicklung von ca. 8000 Menschen fördern. ■

Eve Tsakiridou

Schattenwirtschaft:

Der Westen muss sich von seinen falschen Vorstellungen verabschieden

Als Doktorandin am Lehrstuhl für unternehmerische Nachhaltigkeit erforschte Dr. Esther Salvi im ländlichen Mali in Feldstudien, wie die Schattenwirtschaft funktioniert. Der Sektor folgt ungeschriebenen Gesetzen wie zum Beispiel mündlichen Absprachen, Traditionen oder Riten und wird weder vom Staat reguliert noch von ihm besteuert oder beaufsichtigt.

Dr. Salvi, wie sind Sie auf Ihr Forschungsgebiet gestoßen?

Ich verbrachte mehrere Wochen in fünf ländlichen Gemeinden in Mali und befragte dort Ladenbesitzer, Farmer, Landwirte, Schweißer, Friseure, Dorfvorsteher, Frauen in führenden Positionen und religiöse Oberhäupter. Je mehr ich mit diesen Privatunternehmern sprach, umso besser verstand ich, wie entscheidend ihre Rolle innerhalb der Gesellschaft und für die lokale Entwicklung ist. Ich erkannte, dass sie nicht in das Bild des „klassischen“ Unternehmers passen und realisierte, wie wichtig es ist, ihre Kultur, die ungeschriebenen Gesetze, nach denen sie ihr Verhalten und ihre wirtschaftlichen Aktivitäten ausrichten, zu verstehen.

Inwieweit unterscheidet sich Ihr Forschungsgebiet von anderen?

Wir arbeiten interdisziplinär und müssen uns von westlich geprägten, falschen Vorstellungen verabschieden. Diese ländlichen, informellen Unternehmer agieren in einem Umfeld, das zu den fragilsten weltweit zählt, wo staatliche Behörden ineffizient arbeiten oder völlig fehlen. Um wirklich zu verstehen, wie sie ihre Geschäfte führen, wie sie einen Mehrwert für die Gesellschaft generieren, müssen wir auch eine soziologische und anthropologische Perspektive einnehmen. ▶

Was sind die wichtigsten Ergebnisse Ihres Projekts?

Informelle Unternehmerinnen im ländlichen Mali sind mit brüchigen formellen Strukturen konfrontiert, weil die Landesregierung von den Menschen in den Dörfern zu weit entfernt ist, um ihre Bedürfnisse zu verstehen, und deshalb nicht wirksam regulierend in die wirtschaftliche Dynamik vor Ort eingreift und keine funktionierenden Dienstleistungs- und Infrastrukturen bereitstellt. Die Gemeinden auf dem Land verfügen jedoch über ein Netzwerk gut funktionierender inoffizieller Organe zur Lenkung der wirtschaftlichen Aktivitäten. Sie unterscheiden sich von Dorf zu Dorf und gründen sich auf Regeln der Großfamilien, Praktiken der Gemeinschaft sowie ethnische Traditionen.

In bäuerlich geprägten Dörfern darf man beispielsweise kein Geschäft eröffnen, wenn man nicht zuvor die Felder der Familie bestellt oder den Lebensunterhalt des Familienclangs gesichert hat. Der Clan umfasst dabei in der Regel die Ehepartner, die Eltern und Brüder sowie unverheirateten Schwestern des Ehemannes, seine Großeltern usw. Außerdem muss sichergestellt sein, dass der Dorfvorsteher die Erlaubnis zur Geschäftsgründung in der Gemeinde erteilt.

Was hat Sie am meisten beeindruckt?

Am eindrucklichsten fand ich den Reichtum dieser Dörfer. Wir sehen ja für gewöhnlich nur, woran es dort mangelt: fehlende Infrastruktur, keine sichere Stromversorgung, mangelnde Durchsetzung der Rechtsvorschriften etc. In Bezug auf ihre kulturellen Praktiken, Traditionen und sozialen Werte sind diese Gemeinschaften jedoch außerordentlich reich. Die Menschen dort – einschließlich der Geschäftsleute – sind eine Solidargemeinschaft, in der man einander versteht, sich umeinander kümmert und gegenseitig unterstützt. Bei ihren Alltagsaktivitäten orientieren sie sich oftmals eher an den Bedürfnissen der Gemeinschaft als an ihren eigenen. Die Unternehmen im ländlichen Mali zeigen uns Beispiele für Alternativen zu unserem kapitalistischen Unternehmertum.

Was können wir darüber hinaus noch aus Ihren Erkenntnissen zur Schattenwirtschaft lernen?

Grundsätzlich kann man im ländlichen Mali nicht erfolgreich wirtschaften, wenn man diese Dynamik nicht versteht. Auch Nichtregierungsorganisationen oder Sozialunternehmen, die dort tätig werden möchten, müssen sich mit diesen informellen Regeln auseinandersetzen. ■

Eve Tsakiridou





Dr. Esther Salvi

promovierte im Mai 2023 an der TUM School of Management mit summa cum laude. In ihrer Dissertation entwickelte sie eine theoretische Grundlage für Schattenwirtschaft. In dieser Zeit war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für unternehmerische Nachhaltigkeit an der TUM und Forschungskordinatorin des dort angesiedelten SEED Center. Sie studierte im Bachelor Lebensmitteltechnik an der Universität Turin und hat einen Master-Abschluss in Ernährungswissenschaften von der Universität Mailand. Seit Mai 2023 arbeitet sie als Post-Doktorandin an der LMU School of Management in München.

Künstliche Intelligenz und Ethik zusammenbringen

KI hat für afrikanische Länder großes Potential, ihr Einsatz birgt aber teils andere ethische und soziale Herausforderungen als in Industrienationen. Ein Team des Institute of Ethics in Artificial Intelligence hat eine Plattform mitgegründet, die afrikanische KI-Experten vernetzt – und eine ethische und nachhaltige KI-Entwicklung fördert.

Link

www.gov.sot.tum.de/en/wirtschaftsethik

www.ieai.sot.tum.de

www.rainafrika.org



Ghana

Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-30

Resolving Conflicts Between Artificial Intelligence and Ethics

E

Artificial intelligence can help African nations make decisive strides forward, for example in agriculture, healthcare and urban development. TUM is also involved in numerous AI-related projects through its partner network in Africa. Sustainability and ethical aspects play a far more significant role in AI development in Africa than in Europe or the USA. A team at the TUM Institute of Ethics in Artificial Intelligence (IEAI) has co-founded a platform that connects African AI experts and promotes ethical, sustainable AI development. □

Grafiken: edlundsepp

Künstliche Intelligenz fällt einem nicht als erstes zu Afrika ein. Und doch ist die KI auf dem afrikanischen Kontinent ein großes Thema. Ein Grund dafür ist, dass die Technologie keine Großindustrie oder klassische Fabriken erfordert und ihre Entwicklung nicht unbedingt kapitalintensiv ist.

Viel wichtiger aber: Mit KI können afrikanische Länder Entwicklungsschritte vollziehen, die ohne die Technologie nicht machbar wären. In der für den Kontinent wichtigen Landwirtschaft kann KI beispielsweise Düngung und Bewässerung optimieren. In der Stadtplanung lassen sich mittels KI-basierter Erdbeobachtung informelle Siedlungen – vulgo: Slums – erkennen und in die Planung einbeziehen. Und im Gesundheitswesen kann KI dabei unterstützen, die medizinische Lage der Landbevölkerung zu verbessern. Viele afrikanische Forscher und Wissenschaftler arbeiten mit europäischen Institutionen zusammen. Auch die TUM unterhält in Afrika ein weitreichendes Partnernetzwerk und ist an vielen KI- und anderen Projekten beteiligt. Dabei zeigte sich durchweg, dass dort neben den technologischen Fragen vor allem nachhaltige und ethische Aspekte eine große Rolle spielen – möglicherweise viel stärker als in Europa oder in den USA.

Diese „Responsible KI“ hat in afrikanischen Ländern aus gutem Grund einen hohen Stellenwert. Ist beispielsweise die KI-basierte Überwachung von informellen Siedlungen auf den ersten Blick ein rein technisches Problem, so können die ethischen Folgen das ganze Projekt fragwürdig erscheinen lassen. Wenn aufgrund solcher Daten die Bagger anrücken, weil die Regierung die Existenz einer solchen Siedlung nicht an die Öffentlichkeit bringen will, sind die nicht intendierten Konsequenzen des Projekts gravierend. Die leidenden Bewohner werden vertrieben und müssen sich eine neue Heimat suchen.

Prof. Christoph Lütge kann reihenweise Geschichten von solch ethisch problematischen Folgen von KI-Entwicklungsprojekten erzählen. Der Direktor des Institute of Ethics in Artificial Intelligence (IEAI) an der TUM und Mitgründer des „Responsible KI“-Netzwerkes in Afrika ist überzeugt, dass KI ohne ethische Reflexionen grundsätzlich nicht funktionieren wird – und dass diese Überlegungen am besten gleich bei der Entwicklung von KI-Anwendungen berücksichtigt werden sollten. „Wir haben auf der ganzen Welt immer wieder ähnliche ethische Probleme mit der KI“, erklärt Lütge. „Deshalb ist es wichtig, dass man nicht nur lokal arbeitet, sondern die Probleme über Vernetzung angeht.“



Mitglieder des TUM IEAI nehmen an einer Konferenz zum Thema „Responsible AI and Ethics – A Panacea to Digital Transformation in Sub-Saharan Africa“ an der KNUST in Ghana teil. Rain-Africa organisierte dieses Event zusammen mit dem KNUST Responsible AI Lab.



Afrikanische KI-Experten vernetzen

In den letzten Jahren hat das IEAI mehrere Netzwerke eingerichtet, um die Diskussion über ethische Herausforderungen im Umgang mit KI voranzubringen und soziale Verwerfungen zu verhindern. Eines davon – das „Responsible AI Network Africa“ (RAIN-Africa) – legt den Fokus speziell auf die Länder Afrikas. Es entstand im Jahr 2020 auf Basis einer Partnerschaft zwischen der Fakultät für Elektrotechnik und Computertechnik der Kwame Nkrumah University of Science and Technology in Ghana (KNUST) und dem IEAI. Gründer von RAIN sind neben Lütge seine Mitarbeiterin Dr. Caitlin Corrigan, der TUM-Doktorand Laud Ammah und Prof. Jerry Kponyo von der KNUST.

„Mit RAIN-Africa bringen wir afrikanische KI-Experten zusammen“, erklärt IEAI-Executive Director Caitlin Corrigan. „Die Plattform-Nutzer sollen gemeinsame Projekte zu den ethischen und sozialen Herausforderungen an der Schnittstelle von Technologie und menschlichen Werten diskutieren und entwickeln – insbesondere auch in Hinblick auf eine nachhaltige Entwicklung.“

Konkret organisiert Corrigan auf der Plattform Events, Online-Workshops und Live-Konferenzen – unterstützt von Kollegen der TUM in München und der KNUST in Ghana. „Die Wissenschaftler und KI-Experten können sich auf dieser Plattform austauschen – etwa über aktuelle Projekte und wie sie diese realisieren. Darüber hinaus können sie Forschungspartner in ihren Themenbereichen finden“, sagt Corrigan. Mit einer Reihe von virtuellen und persönlichen Workshops will das RAIN-Projekt auch die internationale und interdisziplinäre Zusammenarbeit fördern.

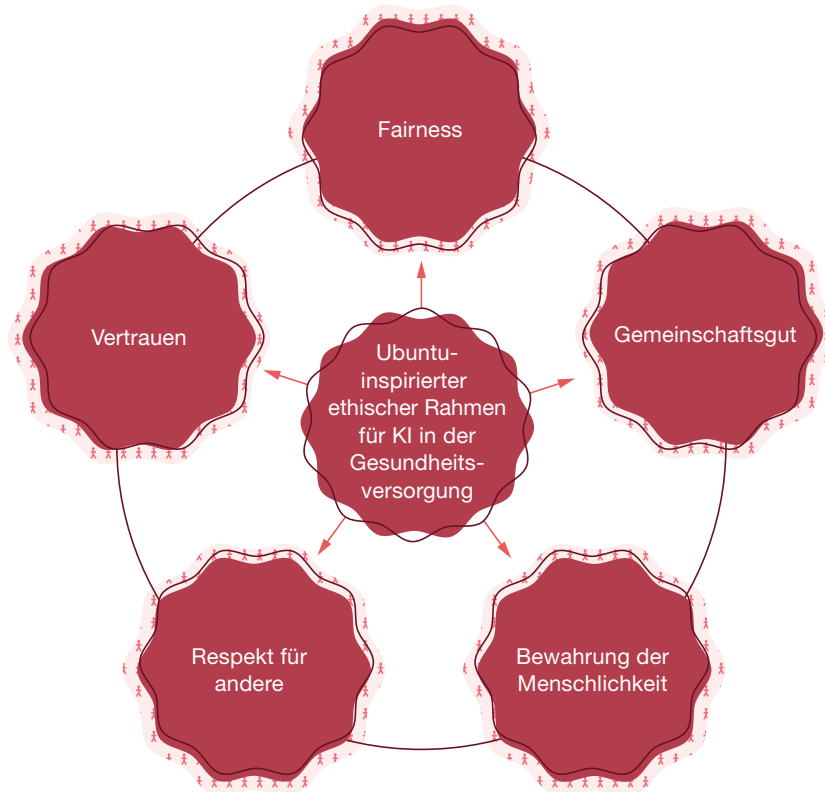
Professor Mrs. Rita Akosua Dickson, Vizekanzlerin der KNUST, spricht bei der „Responsible AI and Ethics Conference“ in Kumasi, Ghana

Der Nutzen für die Gemeinschaft steht im Zentrum

Eine immerwährende ethische Herausforderung auf den Konferenzen und Workshops der RAIN-Africa-Plattform ist Fairness. „Die zentrale Frage für viele ist, ob der Nutzen dieser Technologie fair, also gerecht, verteilt ist oder ob nur wenige davon profitieren“, erklärt Corrigan. „Dieser Aspekt ist in Afrika sehr wichtig.“

Besonders die Menschen im südlichen Afrika berufen sich dabei auf einen speziellen ethischen Ansatz – die Ubuntu-Ethik. Anders als die individualistisch orientierten westlichen Ethikkonzepte – Kantianismus, Utilitarismus und Tugendethik – begreift die Ubuntu-Ethik das Individuum als untrennbar mit anderen Menschen verbunden und priorisiert die Gemeinschaft vor dem Individuum: Weil das Wohlergehen des Einzelnen und seiner Gemeinschaft miteinander verwoben ist, treten individuelle Rechte hinter den gemeinschaftlichen Nutzen zurück.

Dieses Ethik-Konzept hat ganz konkrete Effekte: „Wenn eine Gemeinschaft eine Health Care App nutzen kann, sollte das Individuum seine Daten freigeben“, sagt Corrigan. „Beispielsweise wird der Datenschutz bei einer Covid Tracing App zu Teilen aufgegeben – aber dafür kann die App die Gemeinschaft schützen.“ Diese Thematik kam laut Corrigan auf den jüngsten RAIN-Africa-Konferenzen in Ghana immer wieder zur Sprache – wurde aber im Kontext der Covid-19 Pandemie auch in anderen Ländern gehäuft diskutiert. ▶



Die Ubuntu-Ethik betont die gegenseitige Verbundenheit und Abhängigkeit aller Menschen. Sie bietet einen vielversprechenden Rahmen, um ethische Aspekte bei KI für die Gesundheitsversorgung zu berücksichtigen. Forscher am IEAI haben zusammen mit Partnern in Namibia den hier dargestellten Ansatz entwickelt.

Auch Geschwindigkeit hat manchmal einen höheren Stellenwert als individueller Datenschutz – besonders in kritischen Fällen. „Auf der letzten RAIN-Africa Konferenz wurde die ‚Verantwortung‘ diskutiert, eine KI-fähige App so schnell wie möglich in die Gesellschaft zu bringen, auch wenn sie nicht perfekt ist“, sagt Corrigan. Entwickler aus afrikanischen Ländern möchten Menschen helfen, die vielleicht zu weit weg von einem Krankenhaus wohnen oder keinen Arzt vor Ort haben. Deshalb kann es wichtig sein, derartige Apps schnellstmöglich einzusetzen, um sie dann iterativ zu verbessern. „Solche sozial nützlichen Anwendungen sind oft mit der Frage verbunden, wie wir ‚verantwortlich‘ definieren und wie ethische Belange miteinander in Konflikt geraten können. Zum Beispiel, ob man den Datenrechten Vorrang vor der Förderung des Zugangs zur Gesundheitsversorgung einräumen sollte.“

Diese Beispiele sind nur ein Bruchteil der gesamten Bandbreite ethischer Probleme im Zusammenhang mit KI, die bei RAIN-Africa diskutiert werden, um Lösungen zu verschiedenen Herausforderungen in Bezug auf nachhaltige Entwicklung zu erarbeiten. Mit großer Wahrscheinlichkeit wären solche Netzwerke auch in anderen Regionen von Nutzen – sie könnten weltweit Diskussionen über KI und Ethik zusammenbringen. ■

Klaus Manhart

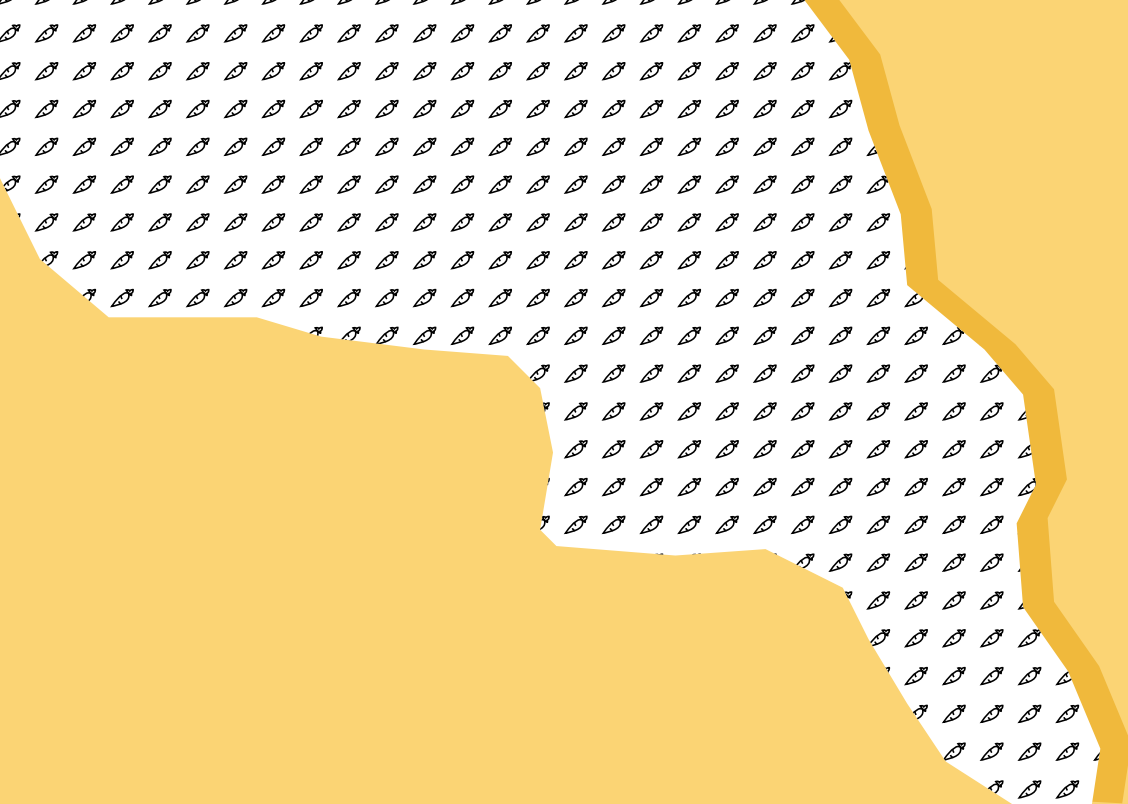


Prof. Christoph Lütge

ist seit 2010 Lehrstuhlinhaber für Wirtschaftsethik an der TUM und seit 2019 Direktor des Instituts für Ethik in der KI (IEAI). Er hat Wirtschaftsinformatik und Philosophie studiert, an der TU Braunschweig promoviert und 2005 an der LMU München habilitiert. Im Jahr 2007 wurde er mit einem Heisenberg-Stipendium ausgezeichnet. 2020 ernannte ihn die Universität Tokio zum Distinguished Visiting Professor. Christoph Lütge lehrte als Gastprofessor in Harvard, Pittsburgh, Taipeh, Kyoto und Venedig und ist Mitglied des wissenschaftlichen Beirats der europäischen KI-Ethik-Initiative AI4People sowie der deutschen Ethik-Kommission für Automatisiertes und Vernetztes Fahren. Seit einiger Zeit engagiert er sich in Afrika. Im März 2023 unternahm er eine ausgedehnte Reise in die Region südlich der Sahara und besuchte mit RAIN-Africa verbundene Universitäten in Südafrika, Namibia, Kap Verde und Senegal.

Dr. Caitlin Corrigan

beschäftigt sich seit über zehn Jahren mit Fragen der nachhaltigen Entwicklung in Afrika. Sie hat an der Universität von Pittsburgh in Public and International Affairs promoviert und sich dafür mit der Bewirtschaftung natürlicher Ressourcen speziell in Afrika südlich der Sahara befasst und dafür Feldforschung in Botswana und Südafrika betrieben. Außerdem war sie Program Development Manager am Africa Studies Program der University of Pittsburgh, wo sie Forschungsprojekte und Stipendienanträge entwickelte. An der TUM ist Caitlin Corrigan als Exekutivdirektorin für die Entwicklung und Koordinierung aller Forschungs- und Verwaltungsaktivitäten des IEAI verantwortlich und gestaltet in enger Zusammenarbeit mit dessen Direktor die Agenda des IEAI.

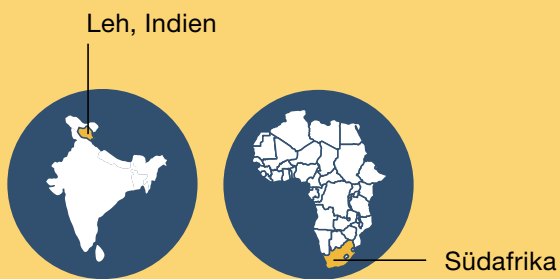


Link

www.cee.ed.tum.de/en/sww/home/
www.nexus.wasser.tum.de

Langfristige **Ménage à Trois**

Wenn Wasser, Energie und Nahrung sich zusammentun, um die Welt zu retten – dann handelt es sich um die internationale Forschungsinitiative zum Water-Energy-Food (WEF) Nexus. Die Forschenden entwickeln alternative Lösungen für den Verbrauch natürlicher Ressourcen in großen und kleinen Städten und deren Umland weltweit.

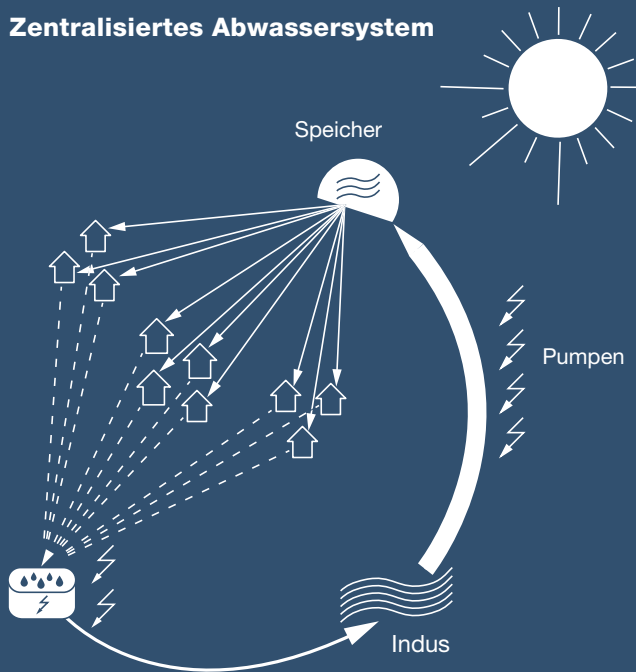


Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-30

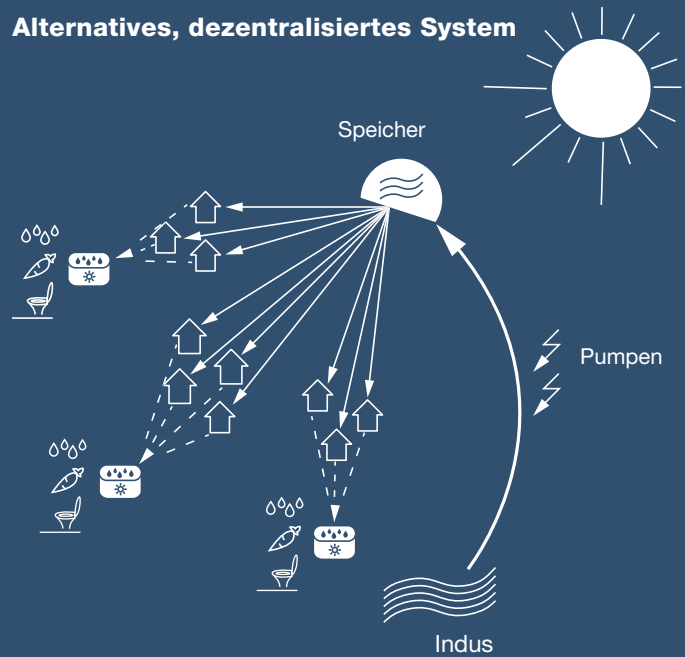
A Long-Term Ménage à trois E

Water, energy and food: Prof. Jörg Drewes and Dr. Daphne Keilmann-Gondhalekar are working on alternative solutions to reduce consumption of these resources in large and small cities. One example is Leh, a city in the Indian Himalayas, which is grappling with a shortage of water. There, they are developing a decentralized system for reusing water, which could give the city greater independence from external and distant sources of water. □

Zentralisiertes Abwassersystem



Alternatives, dezentralisiertes System



 Kläranlage – betrieben mit konventionellen Energiequellen

 Kläranlage – betrieben mit Sonnenenergie

Ein mit den Bewohnern der Stadt Leh entwickeltes Konzept für ein dezentrales Abwassersystem. Das Wasser wird lokal wiederverwendet, beispielsweise für Gemüseanbau oder Toilettenspülung. Ein solches System bräuhete weniger Frischwasser und Energie, der Abwasserstrom wäre kleiner und der lokale Anbau von Nahrungsmitteln würde gefördert.

Morgens Zähne putzen und duschen, das Radio einschalten und einen Kaffee kochen: Was für viele Menschen selbstverständlich ist, ist vor allem in großen Städten organisatorisch ein Kraftakt. Insbesondere da die Nachfrage nach natürlichen Ressourcen wie Wasser, Energie und Nahrungsmitteln steigt – auch und wegen der Folgen des Klimawandels. Beispielsweise erhöht die Hitze in Los Angeles den Energieverbrauch, da Gebäude noch stärker gekühlt werden. Das Schmelzen der Gletscher in den Schweizer Alpen verringert den Wasserbestand, so dass Wasser zugeführt werden muss. Das sind nur zwei von vielen Beispielen, wie sich der Klimawandel auswirkt. Deswegen müssen wir den Ressourcenverbrauch auf ein nachhaltiges Niveau senken.

Wie schaffen wir das? Nicht nur durch weniger Verbrauch, sondern auch durch eine integrierte Planung der Sektoren Wasser, Energie und Nahrung, die eng zusammenhängen. Schließlich benötigt die Landwirtschaft ebenso wie Energieerzeugungsanlagen Wasser. Und um Wasser und Lebensmittel zu transportieren, bedarf es der Energie. Plant man die Versorgung integriert, lassen sich Synergien

nutzen. Anders gesagt: In einer M \acute{e} nage à trois wären Wasser, Energie und Nahrung gleichberechtigte Partner, die sich brauchen und unterstützen – und viel miteinander reden, um ihre Beziehung optimal zu gestalten.

Die Betrachtung dieser Wechselwirkungen sind allerdings bisher kaum in Lehre und Forschung und vor allem nicht in der Umsetzung angekommen. „Wir brauchen eine zirkuläre statt einer linearen Sichtweise“, betont Prof. Jörg Drewes, der den Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft an der TUM leitet. Hier gibt es seit 2017 die von Dr. Daphne Keilmann-Gondhalekar geleitete Forschungsgruppe Urban Water-Energy-Food Nexus. Gemeinsam haben sie 2021 die Forschungs- und Lehragenda Nexus@TUM ins Leben gerufen.

„Wir brauchen eine zirkuläre statt einer linearen Sichtweise auf Wasser, Energie und Nahrung.“

Jörg E. Drewes

Eine kleine Stadt im Himalaya als Modell für nachhaltige Ressourcenverwaltung

Mehrere Pilotprojekte haben Drewes, Keilmann-Gondhalekar und Team bereits durchgeführt, etwa in Indien und im Niger, aber auch in Bayern. Sie interessieren sich für Regionen, in denen es an natürlichen Ressourcen mangelt und in denen neue Lösungen gefragt sind, die nicht durch die öffentliche Hand finanziert werden. Etwa die kleine Stadt Leh im indischen Himalaya, mitten in der Wüste. Die Stadt ist in den letzten Jahrzehnten durch den Tourismus exponentiell gewachsen und kämpft mit begrenzten Wasserressourcen. Drewes, Keilmann-Gondhalekar und Team sind hier bereits seit mehr als zehn Jahren aktiv. Klassische Konzepte, die extern entwickelt und finanziert wurden, führten bisher nicht zum gewünschten Erfolg – wie etwa der zeitaufwändige und kostspielige Plan, Wasser per Pipeline nach Leh zu pumpen. Die Nexus-Forschenden haben den Wasserbedarf erfasst und analysiert und viele Gespräche mit den Bewohnerinnen und Bewohnern geführt. Sie sind sich einig: Statt Wasser von außen in die Stadt zu transportieren, sollte das Abwasser, das in Leh anfällt, erfasst, behandelt und wiederverwendet werden. In jedem Hotel, Gästehaus und Haushalt lässt sich das verbrauchte Wasser in ein dezentrales Sys-

tem einspeisen und damit beispielsweise Felder bewässern, wo es den Pflanzen auch als Dünger zugutekommt. Ein solches System reduziert den Bedarf an Frischwasser, verringert den Abfallstrom, spart Energie und erzeugt lokal Nahrungsmittel. Zudem macht es die Stadt auch unabhängiger, als wenn sie Wasser von außen zuführen und bezahlen muss. „Das Beispiel zeigt: Es braucht neue Konzepte, die zusammen mit den Menschen vor Ort entwickelt, umgesetzt und finanziert werden“, weiß Dr. Keilmann-Gondhalekar.

Leh hat ihr eine weitere wichtige Erkenntnis geliefert: „Wir brauchen neue Rechenmodelle für die Kalkulation potenzieller Bedarfe“, sagt Keilmann-Gondhalekar, „denn die kurzfristig günstige Lösung ist es in der Regel nicht auf lange Sicht.“ So mag der Bau eines dezentralen Wassersystems teurer als eines zentralen sein. In klassische Berechnungen fließt aber der in Zukunft stark steigende Wert von Wasser in der Regel noch nicht ein. Die Forschenden setzen daher auf die sogenannte multi-criteria decision making analysis. Das ist eine Methode zur Entscheidungsfindung, bei der mehrere Kriterien, die nicht leicht zu quantifizieren oder zu vergleichen sind, gleichzeitig berücksichtigt werden. ▶

Wasser marsch für die Umwelt

In Südafrika entwickelt das Team von Drewes derzeit Konzepte für sogenannte informelle Siedlungen – also Slums. Strom gibt es hier ebenso wenig wie Wasser oder adäquate Sanitäre Lösungen, die Menschen können keine Felder anlegen und Nahrung produzieren. Das Abwasser belastet Bäche und Flüsse, was zu gesundheitlichen Problemen führt. Die Probleme sind miteinander verknüpft und können sich gegenseitig in einer Abwärtsspirale verstärken.

Bei diesem wie bei allen anderen Projekten sammeln die Forschenden Informationen, erfassen den Bedarf an Wasser, Energie und Nahrung, Studierende verfassen wissenschaftliche Arbeiten zu möglichen Ansätzen: erneuerbare Energien wie Solarenergie, Windenergie und Biomasse einsetzen, Biogas aus Abfällen erzeugen oder Regenwasser nutzen. „Letzteres passiert noch nicht einmal in einer modernen Stadt wie München“, sagt Drewes. „Es gibt

„Das Beispiel der indischen Stadt Leh zeigt: Es braucht neue Konzepte, die zusammen mit den Menschen vor Ort entwickelt, umgesetzt und finanziert werden.“

Daphne Keilmann-Gondhalekar

viele Ideen und auch bereits Lösungen, wir setzen sie aber leider noch nicht um.“ Keilmann-Gondhalekar ergänzt: „Wir müssen dringend ins Handeln kommen.“ Deswegen geht Nexus@TUM weit über technische Aspekte hinaus. Es gilt, Menschen zu motivieren, Akzeptanz zu schaffen, Transformationswege aufzuzeigen, verschiedenste Stakeholder inklusive Regierungen zu überzeugen, Umweltingenieurinnen und -ingenieure für Nexus-Ansätze auszubilden und vieles mehr. Darum sind bei Nexus@TUM etwa auch Forschende aus den Sozial- und Politikwissenschaften gefragt. „Unsere Forschungen sind dann sinnvoll, wenn wir interdisziplinär aufgestellt sind, und die Umsetzung gelingt nur, wenn wir mit den Menschen vor Ort vertrauensvoll und langfristig in einem transdisziplinären Ansatz zusammenarbeiten“, sagt Drewes. ■ *Gitta Rohling*

Machen Sie mit!

Nexus@TUM freut sich auf die Teilnahme von Forschenden aus allen Disziplinen. Informationen unter: www.nexus.wasser.tum.de





Prof. Jörg E. Drewes

leitet seit 2013 den Lehrstuhl und die Versuchsanstalt für Siedlungswasserwirtschaft an der TUM. Vor seiner Berufung an die TUM war er in den USA Professor an der Colorado School of Mines und Forschungsleiter am „NSF Engineering Research Center on Reinventing the Nation’s Urban Water Infrastructure“. Er ist Mitglied im wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung für Globale Umweltveränderungen (WBGU) und stellvertretender Sprecher der Trinkwasserkommission beim Bundesministerium für Gesundheit.

Dr. Daphne Keilmann-Gondhalekar

ist Stadtplanerin und Leiterin der Nexus Forschungsgruppe am Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft an der TUM mit den Schwerpunkten integrierte Stadtplanung, Urban Water-Energy-Food Nexus und Multi-Stakeholder-Prozesse. Sie hat an der Universität Tokio promoviert und war Postdoctoral Associate am Massachusetts Institute of Technology (MIT).

Wieviele CO₂ können Wälder künftig noch aufnehmen?



Amazonien

Die tropischen Regenwälder schlucken große Mengen des Treibhausgases Kohlendioxid. Ob sie durch deren Anstieg künftig besser wachsen oder nicht, soll jetzt ein großes Freilandexperiment im Amazonas-Gebiet zeigen, bei dem der Wald mit Kohlendioxid begast wird. Mit dabei ist die Ökosystemmodelliererin Prof. Anja Rammig.

Link

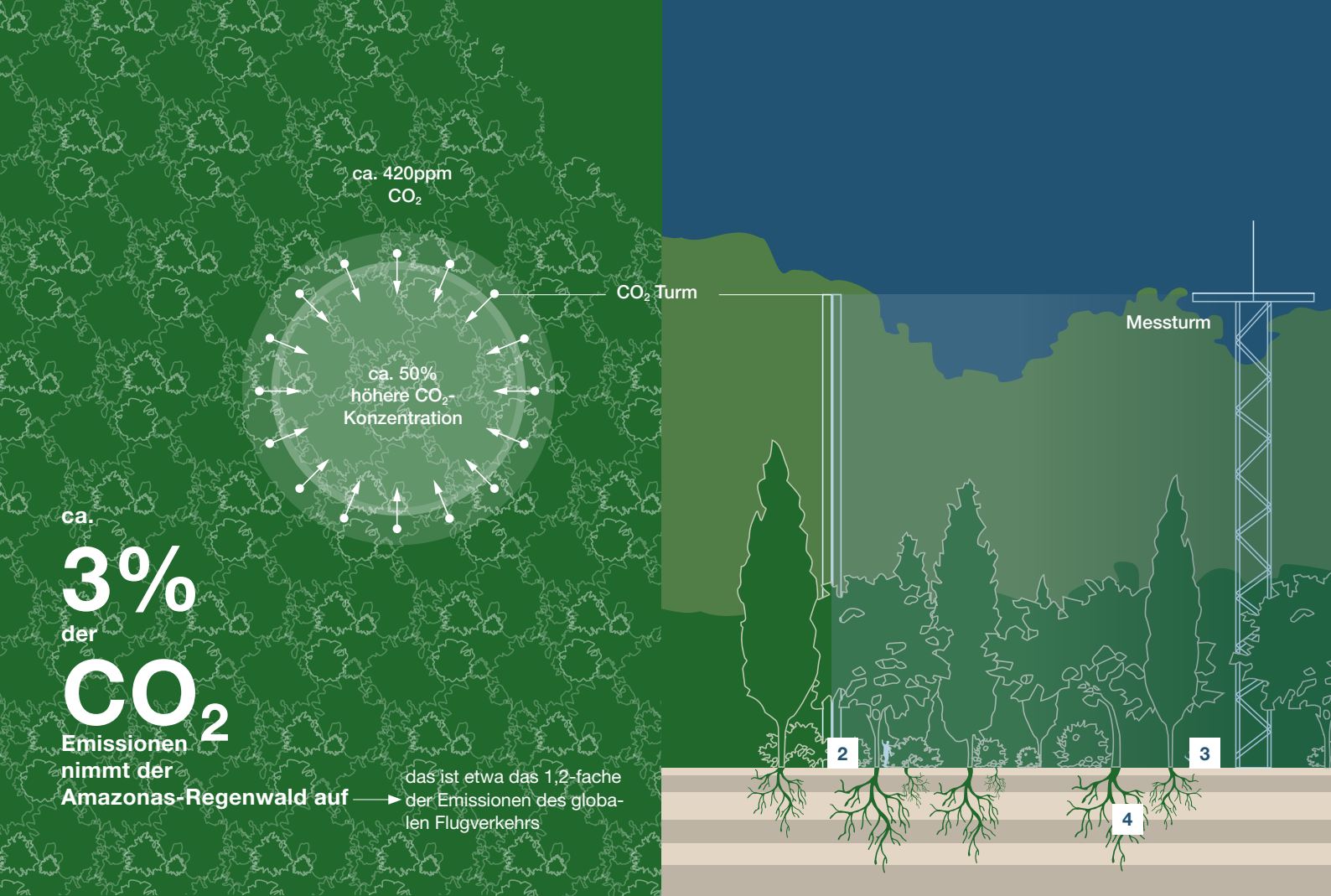
www.l sai.wzw.tum.de

www.amazonface.unicamp.br/en/

Full Article (PDF, EN): www.tum.de/faszination-forschung-30

How much CO₂ can Forests Absorb in the Future? E

Amazonia plays a vital role in the Earth's climate system. It absorbs a significant proportion of the greenhouse gas carbon dioxide (CO₂) and mitigates climate change. The amount of CO₂ that the Amazon rainforest can take up in the future is an important parameter in global climate models – but has, until now, remained somewhat unclear. Instead, climate models rely on the simpler assumption that the forest will grow more as it absorbs more CO₂. Whether that is actually the case, or whether limited nutrient supplies might inhibit growth at a certain point, is now the subject of an international experiment that involves subjecting specific sections of the Amazon rainforest to elevated CO₂ levels. Ecosystem modeler Prof. Anja Rammig is part of the research team. □

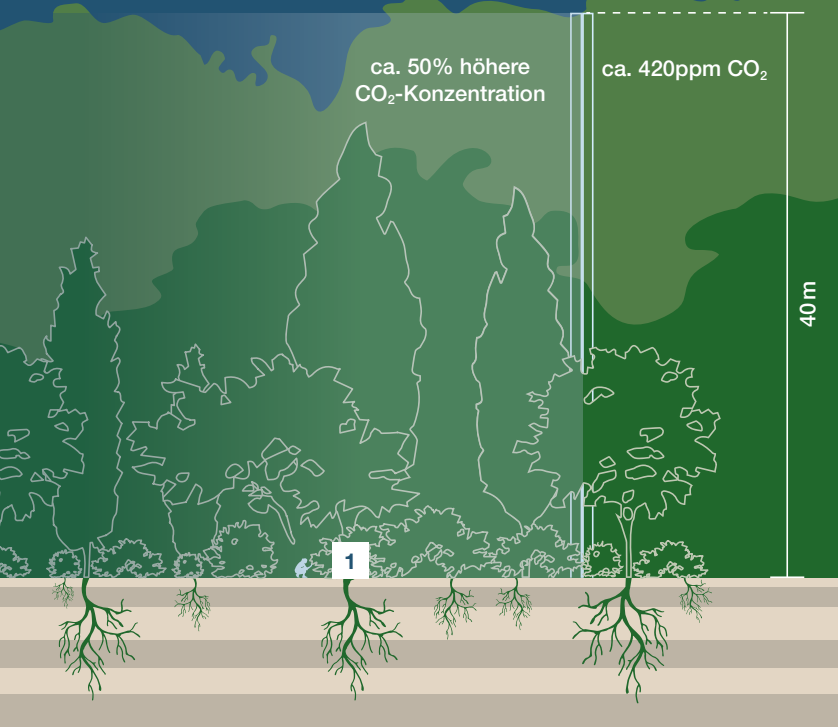


Der Regenwald am Amazonas ist riesig. Das schier endlose Grün erstreckt sich über eine Fläche, die rund vierzehnmal größer als Deutschland ist. Dieser Wald ist nicht nur als Heimat für Tiere und Pflanzen von Bedeutung. Er spielt auch eine wichtige Rolle für das Klima der Erde. So nimmt er einen großen Teil des Kohlendioxids (CO₂) auf, das die Menschheit durch die Verbrennung von Öl, Gas und Kohle freisetzt. Ohne diesen Wald würde der Klimawandel noch schneller voranschreiten. Wie viel Kohlendioxid der Amazonas-Regenwald künftig speichern kann, ist allerdings noch weitgehend unbekannt, weil bisher nie ein Feldexperiment untersucht hat, wie dieses riesige Ökosystem das Klimagas verarbeitet.

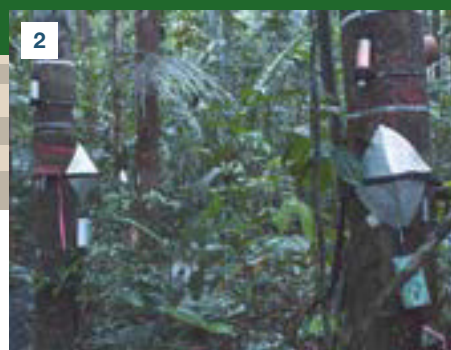
Ein Wald aus Gas sprühenden Türmen

Bisher machen Klimamodelle vereinfachend die Annahme, dass steigende Kohlendioxid-Konzentrationen in der Atmosphäre das Wachstum des Waldes fördern. Schließlich nehmen Pflanzen das Gas aus der Luft auf und wandeln es durch die Photosynthese in energiereiche Kohlenstoffverbindungen, also Kohlenhydrate, um. Diese benötigen sie zum Beispiel für das Wachstum von ihrer Biomasse wie Stamm oder Wurzeln. Ein großes internationales Projekt

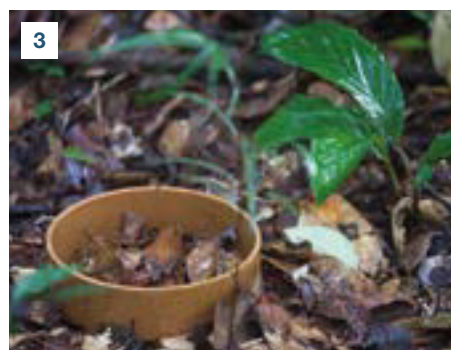
untersucht jetzt erstmals genau, ob diese Annahme – je mehr CO₂, desto mehr Wachstum – tatsächlich stimmt. Dafür werden im Herzen des Regenwaldes in der Nähe der brasilianischen Stadt Manaus zahlreiche Türme aufgebaut – insgesamt 96 Stück, jeder knapp 40 Meter hoch. Von den Türmen aus wird der Wald mit Kohlendioxid begast. Die Wissenschaftler simulieren damit höhere Kohlendioxid-Konzentrationen, wie sie für die Mitte dieses Jahrhunderts erwartet werden. Amazon Free-Air CO₂ Enrichment – AmazonFACE – ist ein Freiland-CO₂-Düngeexperiment, das seit rund zehn Jahren geplant wurde und nun in die ersten Baumaßnahmen gemündet ist. Zu dem internationalen Forscherteam gehört auch Anja Rammig, Expertin für Ökosystemmodellierung an der TUM. „Wir stellen den Bäumen damit sehr viel mehr CO₂ zur Verfügung als gewöhnlich und können dann messen, wie das gesamte Ökosystem reagiert“, sagt sie. Es sei keinesfalls sicher, dass die Bäume besser wüchsen. So sei es auch denkbar, dass das Wachstum der Bäume durch Nährstoffmangel im Boden ausgebremst würde – zum Beispiel, wenn sich durch das verstärkte Wachstum lebenswichtige Phosphorverbindungen verknäpften.



Messung der Photosynthese-Aktivität in den Blättern



Messung des Umfangs von und des Saftflusses in den Baumstämmen



Monitoring von Boden- und Wurzelatmung



Analyse von Änderungen in Bodenprozessen, hier Wurzelproben

Freiland statt Laborexperiment

Anja Rammig baut am Computer die komplexen Prozesse in Ökosystemen nach, um sie besser zu verstehen und Prognosen zu machen. Zu diesem Zweck übersetzt sie natürliche Vorgänge in Zahlen, etwa in Mengen an Kohlenstoff, der zwischen der Atmosphäre, den Blättern und den Wurzeln eines Baumes und dem Boden ausgetauscht wird. Für diese Ökosystemmodelle benötigt sie Messwerte und Zahlen, die die Wirklichkeit abbilden. Und daran mangelte es bislang. Zwar gab es Experimente, in denen Wissenschaftler im Labor einzelne Pflanzen höheren CO₂-Konzentrationen aussetzten. Doch ist es etwas anderes, ein solches Experiment im Freiland an einem ganzen Waldstück durchzuführen – gewissermaßen am lebenden Objekt. Nur so ließen sich die natürlichen Vorgänge in ihrer ganzen Komplexität erfassen, sagt Anja Rammig. Nicht zuletzt, weil erhöhte CO₂-Konzentrationen noch ganz andere weitreichende Effekte haben können. ▶



Prof. Anja Rammig

studierte Biologie an der FAU Erlangen und promovierte 2005 an der ETH Zürich in Umweltwissenschaften. Danach arbeitete sie als Post-Doc an der Universität Lund in Schweden. Von 2008 bis 2015 forschte Anja Rammig am Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK). Seit 2015 hat sie an der TUM School of Life Sciences die Professur für „Land-Surface-Atmosphere Interactions“ inne.



Zentraler Messturm in der Mitte des im sich Aufbau befindenden CO₂-Rings

Mehr CO₂ – weniger Regen?

Pflanzen nehmen CO₂ über kleine Spaltöffnungen in den Blättern auf. Zugleich verdunsten sie durch die Öffnungen Wasserdampf. Enthält die Luft mehr Kohlendioxid, so die Annahme, können die Pflanzen ihre Spaltöffnungen nicht mehr so weit öffnen. Dadurch verringerte sich dann auch die Verdunstung. Und das könnte zum Problem für den gesamten Wald am Amazonas werden. Der Wald erzeugt durch die Verdunstung nämlich seinen eigenen Regen. Was tagsüber an Feuchtigkeit aufsteigt, prasselt gegen Abend wieder herab. Verdunsten die Blätter weniger, könnte sich die Regenmenge verringern. Es würde trockener. Auch solche Effekte wollen die Forschungsteams im Regenwald bei Manaus untersuchen.

Inzwischen wurden die ersten Türme errichtet. 16 Türme umringen jeweils ein untersuchtes Waldstück. Sechs Waldstücke sollen es insgesamt werden. Zwei sind bereits fertig. Ende dieses Jahres werden dort die CO₂-Hähne aufgedreht. Etwa zehn Jahre lang soll das AmazonFACE-Projekt insgesamt laufen. Das Team wird in dieser Zeit eine Fülle an Parametern messen – Photosynthese, Wasserflüsse, das Wachstum der Bäume, der Wurzeln, der Blätter oder auch den Nährstoffgehalt im Boden. Anfang 2024 soll das Projekt erste Ergebnisse liefern.

Anja Rammig erhofft sich davon viele neue Daten für die Ökosystemmodelle, deren Ergebnisse auch in die Berechnungen des Weltklimarates einfließen. „Unsere Modelle können nur so gut sein wie die Daten, mit denen sie gefüttert werden“, sagt sie. „Ideal wäre es, wenn die Messergebnisse aus dem Regenwald in einigen Jahren direkt in unsere Modelle einfließen und wir die Vorgänge quasi in Echtzeit modellieren könnten.“ Das Schicksal des Regenwaldes am Amazonas und der Verlauf der Erderwärmung dürften sich dann sehr viel zuverlässiger vorhersagen lassen als heute. ■

Tim Schröder