

**UNIA** Universität Augsburg  
Wissenschaftszentrum  
Umwelt

# Jahresbericht 2019





# Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,  
liebe Leserinnen und Leser,

wenn es stimmt, dass die Menschheit das Holozän verlassen und in die Epoche des Anthropozäns eingetreten ist, dann ist Forschung, die den Graben zwischen Natur- und Geisteswissenschaften überwindet, nicht nur wünschenswert, sondern unerlässlich. Denn das, was früher ‚unberührte Natur‘ genannt wurde, und was als exklusive Domäne von den Naturwissenschaften wie der Ökologie bearbeitet wurde, existiert nur noch in Restbeständen; unsere Umwelt können wir nur verstehen und ihre weitere Entwicklung halbwegs vorhersehen, wenn wir natürliche wie auch kulturelle und soziale Faktoren gemeinsam betrachten.

Deshalb fördern wir disziplinübergreifende Umweltforschung und Lehre im Umweltbereich. Wir versuchen, ein Katalysator zu sein: Die offene und kreative Netzwerk-Atmosphäre ist die wesentliche Stärke unserer Einrichtung. In ihr entstehen neue Ideen und wegweisende Projekte. Netzwerke und disziplinübergreifende Forschung sind aber kein Selbstzweck. Sie müssen zu Ergebnissen führen. Das WZU hat hier in mehreren Bereichen Pionierarbeit geleistet, die sich für die gesamte Universität und darüber hinaus als strategisch wichtig erwies, wie die Querschnittsbereiche Environmental Health Sciences, Ressourcenstrategie und Environmental Humanities zeigen.

In der Lehre ist es unser Ziel, dass sich jeder Student, jede Studentin an der Universität Augsburg mindestens einmal im Verlauf des Studiums intensiv mit Nachhaltigkeits- und Umweltthemen auseinandersetzt. Hierzu haben wir innovative Lehrformate entwickelt, wie etwa die fünfteilige Vorlesung Umweltschutz heute, die alle wichtigen Umweltthemen gründlich darlegt. Sie wird von Fachleuten des LfU sowie Forschern der Universität und externen Experten gestaltet und vermittelt Fakten aus erster Hand mit Praxisbezug - ein deutschlandweit einmaliges ökologisches Studium Generale!

Im Jahr 2020 feiert das WZU sein 20jähriges Jubiläum – und wir blicken mit Zuversicht und Gestaltungsfreude nach vorn. Wir werden uns in Zukunft besonders auf die Entwicklung der *Environmental Health Sciences* konzentrieren – in Kooperation mit der Medizinischen Fakultät und der Geographie sowie weiteren Forscherinnen und Forschern aus anderen Fakultäten. Mit unserem Engagement für die *Environmental Humanities* hoffen wir nicht nur zur Internationalisierung der Geistes- und Sozialwissenschaften beizutragen, wir sind überzeugt, dass ohne den Beitrag aus den Humanities weder unsere Gegenwart verstanden werden kann, noch für die drängenden Aufgaben, die der Klimawandel, die Vernichtung der

## Vorwort

Biodiversität und die Globalisierung stellen, angemessen komplexe und damit realistische Lösungskonzepte entwickelt werden können. Die aber brauchen wir – denn rein technische Utopien, die an den politischen, kulturellen und sozialen Wirklichkeiten vorbeigehen, führen nicht weiter.

Mit einem Wort: Auch künftig werden wir innovative, disziplinübergreifende Ideen, Projekte und Forschungsperspektiven voranbringen. Durch sie entstehen nicht nur innovative Resultate, sondern über die Zeit auch viele persönliche Kontakte und Beziehungen über die Grenzen von Disziplinen, Fakultäten und Institutionen hinweg. Kreativität wird wieder möglich. Und diese Kreativität ist notwendig, wenn wir Lösungen für die Herausforderungen des Anthropozäns finden wollen.



Prof. Dr. Armin Reller



Prof. Dr. Jucundus Jacobeit



Prof. Dr. Marita Krauss



PD Dr. Jens Soentgen

# Inhalt

## **UMWELT UND GESUNDHEIT**

- 7 Joint Center for Environmental Exposure Sciences
- 18 Gesunde Kliniklandschaften
- 23 Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel
- 30 Umwelt und Gesundheit: Interdisziplinäre Herausforderungen für Forschung und Lehre
- 33 Die interdisziplinäre AG Neuro-EHS

## **RESSOURCENSTRATEGIEN UND STOFFGESCHICHTE**

- 39 Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies
- 52 Dissipation von Funktionsmaterialien
- 58 Licht und Leben, Feuer und Tod - Dialektik des Phosphors

## **LOKALE UMWELTEN**

- 60 Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa
- 69 Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg

## **ENVIRONMENTAL HUMANITIES**

- 75 Nachhaltigkeit im Diskurs anthropozentrischer und holistischer Naturethik
- 78 Weizenwerke - Kulturelle, materielle und politische Perspektiven der Environmental Humanities
- 85 Umweltmigration am Urmiasee (Iran)
- 90 Folgen der Wasserknappheit: Politische Ökologie am Urmiasee (Iran))
- 95 Geschichte der Nachhaltigkeit(en). Diskurse und Praktiken seit den 1970er Jahren
- 100 Nachhaltigkeit in der Antike

## **WISSENSVERMITTLUNG UND ANWENDUNG**

- 104 Arbeitskreis für Nachhaltigkeit
- 107 Umweltschutz heute: 10 Jahre Ökologisches Studium Generale Augsburg

## **IM GESPRÄCH...**

- 110 ...mit Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn:  
Warum werden wir immer älter?

## **DAS WZU**

- 114 Profil
- 115 Das Team am WZU
- 116 Die Mitglieder des WZU
- 121 Aktuelle Publikationen

# UMWELT UND GESUNDHEIT

- 7 Joint Center for Environmental Exposure Sciences
- 18 Gesunde Kliniklandschaften
- 23 Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel
- 30 Umwelt und Gesundheit: Interdisziplinäre Herausforderungen für Forschung und Lehre
- 33 Die interdisziplinäre AG Neuro-EHS

# Joint Center for Environmental Exposure Sciences

## PROJEKTTEAM:

- Dr. Josef Cyrus  
cyrus@helmholtz-muenchen.de  
Tel.: 089 3187 4156
- PD Dr. Jens Soentgen  
soentgen@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3560
- Dr. Michał Kowalski  
michal.kowalski@helmholtz-muenchen.de  
Tel.: 0821 5586-3097
- Dr. Regina Pickford  
regina.pickford@helmholtz-muenchen.de  
Tel.: 089 3187 3660
- M.Sc. Esther Giemsa  
esther.giemsa@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3578
- Dr. Christoph Beck  
christoph.beck@geo.uni-augsburg.de  
Tel. 0821 598 2129

## PROJEKTPARTNER

- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Deutscher Wetterdienst
- GRIMM Aerosol Technik Ainring GmbH & CO.KG
- Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH)
- Hochschule Augsburg
- Leibnitz-Institut für Troposphärenforschung e.V.

- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Institut für Atmosphärische Umweltforschung
- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Telematik, Lehrstuhl für Pervasive Computing Systems /TECO
- KORA Studienzentrum (Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg)
- Ludwig-Maximilians-Universität München
- Technische Universität Graz
- Umweltamt der Stadt Augsburg
- Umweltbundesamt
- Universitäres Zentrum für Gesundheitswissenschaften am Klinikum Augsburg (UNIKA-T)

## FÖRDERUNG

- Kooperationsvertrag mit Helmholtz Zentrum München, Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt

## FÖRDERUNG

- Seit Januar 2018 (In Fortsetzung der seit 2004 bestehenden Kooperation)

# Joint Center for Environmental Exposure Sciences

## Worum geht es?

Das interdisziplinäre Projekt „Joint Center for Environmental Exposure Sciences“ ist ein Nachfolge-Projekt des Vorhabens „Umweltaerosol - Charakterisierung der chemischen und physikalischen Eigenschaften von Aerosolen in Augsburg“, das von 2004 bis 2017 am WZU in Kooperation mit dem Helmholtz Zentrum München durchgeführt wurde.

In dem neuen Projekt wird die langjährige Zusammenarbeit zwischen dem WZU und dem Helmholtz Zentrum München im Kontext des Forschungsschwerpunktes „Environmental Health Sciences“ der zukünftigen Medizinischen Fakultät der Universität Augsburg vertieft. Somit sind die Aktivitäten an der Messstation besser in die Projekte eingebunden, in denen das WZU gemeinsam mit dem Helmholtz Zentrum München (HMGU) arbeitet, um den Einfluss der Luftschadstoffe auf die menschliche Gesundheit in epidemiologischen Kurzzeit- und Langzeitstudien zu untersuchen. Grundlegend für den Ansatz ist die langjährige, erfolgreiche und disziplinübergreifende Kooperation zwischen Naturwissenschaftlern, Epidemiologen, Mathematikern und Umweltsozialwissenschaftlern. Dabei wird untersucht, wie Luftschadstoffe im urbanen Raum entstehen, sich gesundheitlich auswirken und welche Maßnahmen geeignet sind, um sie zu reduzieren.

Die zentrale Einrichtung des Projekts bildet die Augsburger Aerosolmessstation, die als Plattform für zahlreiche Projekte aus dem Expositions- und für epidemiologische Studien dient. Sie wird weiterhin von der Universität Augsburg und dem Helmholtz Zentrum München in Kooperation mit der Hochschule Augsburg betrieben.

Die Messstation ist bereits in das deutsche Messnetz für ultrafeine Aerosolpartikel (GUAN, German Ultrafine Ae-

rosol Network) eingebunden. Im GUAN sind Messstationen vertreten, die zusätzlich zum Feinstaub auch die Konzentrationen von ultrafeinen Partikeln in Deutschland erfassen. Diese Daten tragen zur Erforschung der gesundheits- und klimarelevanten Eigenschaften des atmosphärischen Aerosols in Deutschland bei.

Den Schwerpunkt des Projekts bildet die Aerosolforschung. Aerosolpartikel kommen in der Luft in unterschiedlichster Konzentration, Zusammensetzung, Größe und Form vor und sind hoch komplexe und dynamische Gemische, die insbesondere im städtischen Bereich anthropogenen Ursprungs sind und aus den Abgasen von Autos, Häusern und Betrieben entweichen. Somit stellt sich die Frage welche Eigenschaften und/oder Komponenten des Umweltaerosols sind für die gesundheitlichen Folgen verantwortlich? Eine Klärung dieser Frage kann nur durch eine detaillierte physikalische und chemische Charakterisierung der Umweltpartikel erfolgen. Der Einsatz einer zentralen Messstation zur Abschätzung der Exposition großer Bevölkerungsgruppen ist aber nur dann gerechtfertigt, wenn die Luftschadstoffe homogen über das Studiengebiet verteilt sind, in denen die zu untersuchenden Personen leben. Deshalb wurden in speziellen Intensivmesskampagnen an verschiedenen Standorten im Stadtgebiet von Augsburg die räumlichen Variationen der Belastung durch Luftschadstoffe abgebildet. Die Messungen werden durch Landnutzungs-, Dispersionsmodelle und Fernerkundungsdaten ergänzt, um so eine präzise Expositionsabschätzung der Bevölkerung zu erhalten.



# Joint Center for Environmental Exposure Sciences

## Zielsetzung und Methoden

Die Aerosolmessstation steht seit 2004 im Mittelpunkt der Environmental Health-Aktivitäten am Wissenschaftszentrum Umwelt. Die Messstation liefert kontinuierlich hoch aufgelöste und hochwertige Daten zur physikalischen und chemischen Charakterisierung von feinen und ultrafeinen Partikeln, welche die mittlere Belastung der Stadt widerspiegeln und somit für einen Großteil der Augsburger Bevölkerung repräsentativ sind. Zudem werden meteorologische Größen erfasst, die Einfluss auf die die Feinstaubbelastung haben können. Folgende Aspekte stehen im Mittelpunkt der Forschungsaktivitäten:

- Identifizierung der wichtigsten lokalen und überregionalen Feinstaubquellen
- Dokumentation zeitlicher Trends der Feinstaubbelastung
- Untersuchung der Auswirkungen von Maßnahmen zur Feinstaubreduzierung (z.B. Umweltzone)
- Modellierung von Luftschadstoffen, um die Exposition der Bevölkerung besser zu erfassen
- Bereitstellung von Daten für epidemiologische Studien, die die Gesundheitsrelevanz von Luftschadstoffen untersuchen

## Durchführung und Ergebnisse

Das Projektteam war im Berichtszeitraum an folgenden Projekten beteiligt:

- LfU Projekt: "Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel"

- BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) Verbundprojekt "Smart Air Quality Network (SAQN)- Analyse und Bewertung neuer Luftgüte-Messmethoden und Wissenschaftskommunikation an Öffentlichkeit und spezielle Stakeholder"
- EU Projekt: „AWAIR - Environmental integrated, multilevel knowledge and approaches to counteract critical air pollution events, improving vulnerable citizens quality of life in Central Europe Functional Urban Areas“
- EU Projekt: „ELAPSE - Effects of Low-Level Air Pollution: A Study in Europe“

Den Schwerpunkt der Arbeiten im Jahr 2018 bildeten das AWAIR Projekt sowie SAQN Projekt

## AWAIR Projekt

„AWAIR“ steht für “EnvironmentAl integrated, multilevel knoWledge and approaches to counteract critical AIR pollution events, improving vulnerable citizens quality of life in Central Europe Functional Urban Areas“ und umfasst 7 Partner und 5 assoziierte Partner aus Wissenschaft, Forschung und Kommunen in 4 Ländern (Abb. 1). Das Projekt wird von der Europäischen Union über Interreg Central Europe finanziert (von September 2017 bis August 2020).

AWAIR hat zum Ziel, die Fähigkeiten von beteiligten Kommunen (Katowice, Parma und Budapest) zu verbessern, mit Episoden hoher Luftschadstoffe umzugehen, und deren Auswirkungen auf die Umwelt und den Menschen zu verringern.

Konkret wird unter anderem eine bessere Kommunikation

## Joint Center for Environmental Exposure Sciences

mit den Bürgern vor und während Episoden mit sehr hohen Luftschadstoffen angestrebt, um einen besseren Gesundheitsschutz der Bürger zu erreichen. Dabei liegt ein Schwerpunkt auf Menschen, die besonders empfindlich gegenüber Luftschadstoffen sind, weil sie physiologisch nur bedingt in der Lage sind, angemessen zu reagieren. Diese

Menschen erkranken schneller oder stärker als der Rest der Bevölkerung. Die folgenden Gruppen haben sich als besonders anfällig für Luftschadstoffe erwiesen: schwangere Frauen, Kinder, ältere Menschen und Menschen mit chronischen Erkrankungen wie Herz-Kreislauf-/Atemwegs- und Stoffwechselerkrankungen (Abb. 2).



Abb. 1: Lage der am AWAIR-Projekt beteiligten Kommunen: Katowice (Polen), Budapest (Ungarn) und Parma (Italien). Graz (Österreich) ist aus dem Projektverbund ausgetreten.

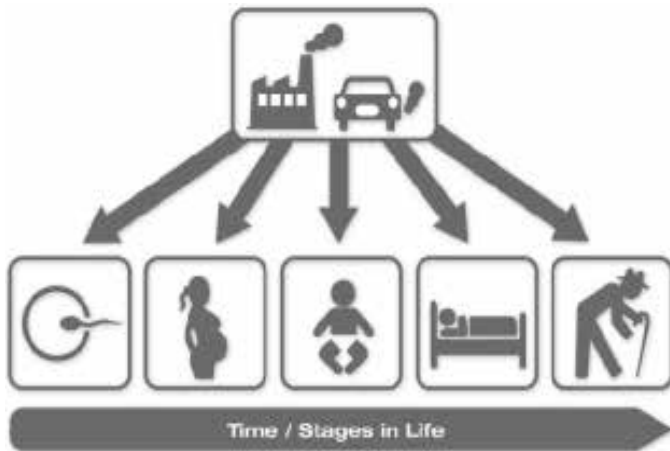


Abb. 2: Lebensphasen mit besonderer Empfindlichkeit für Luftverschmutzung (aus Rückerl et al., 2011).

Im Rahmen des Projekts wird eine App programmiert, um Bürger und Interessenvertreter im Fall von Episoden mit hohen Luftschadstoffen (SAPE: Severe Air Pollution Episodes) zu alarmieren und gleichzeitig Lebensgewohnheiten zu fördern, die zu einer Anpassung an und Abschwächung von Episoden mit hohen Luftschadstoffen führen sollen. Darüber hinaus können mit Hilfe der App Maßnahmen, die die Kommunen ergreifen, kommuniziert werden.

Für jede der beteiligten Städte gibt es ein individuell zugeschnittenes Vorhersagesystem. Die App wird täglich eine Luftschadstoff-Vorhersage an die Nutzer schicken, und wird ebenfalls Hinweise zu empfohlenem Verhalten zuschicken, die sich nach der Höhe der jeweiligen Luftschadstoffe richten.

Mehr Information zum AWAIR Projekt finden sich unter: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/AWAIR.html>

Interreg CENTRAL EUROPE fördert regionale Entwicklung in den Bereichen Innovation, Kohlendioxidreduzierung, Schutz der natürlichen und kulturellen Ressourcen sowie Verkehr und Mobilität. Es unterstützt transnationale Kooperationen und Lösungen. Die Projekte befassen sich mit gemeinsamen regionalen Herausforderungen in den Bereichen Innovation, CO<sub>2</sub>-arme Wirtschaft, Umwelt, Kultur und Verkehr.

## SAQN Projekt

Das Verbundprojekt Smart Air Quality Network (SAQN) wird vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT-TECO) koordiniert und ist durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert.

Hauptziel dieses Projekts ist die Entwicklung eines Gesamtsystems zur Erfassung, Visualisierung und Vorhersage der räumlichen Verteilung von Luftschadstoffen in städtischen Atmosphären, die relevant für den aktuellen Aufenthalt der Bürger sind. Als Modellstadt wurde Augsburg ausgewählt.

Die Aerosolmessstation dient in dem Projekt als Referenzmessstation für Vergleichsmessungen der im Netzwerk eingesetzten Geräte sowie der sogenannten „Scientific Scouts“ und Referenzgeräte der Fa. GRIMM. An der Referenzmessstation befinden sich unterschiedliche Geräte, die für Vergleichs- und Referenzmessungen mit Prototypen der in diesem Projekt entwickelten Geräte sowohl stationär als auch mobil zur Verfügung gestellt wurden. Im Berichtszeitraum wurden weitere Messgeräte der Fa. GRIMM an unterschiedlichen Standorten angebracht. Die Messgeräte sowie die Messstellen sind in der Abb. 3 dargestellt (Stand 13.12.2019).

# Joint Center for Environmental Exposure Sciences

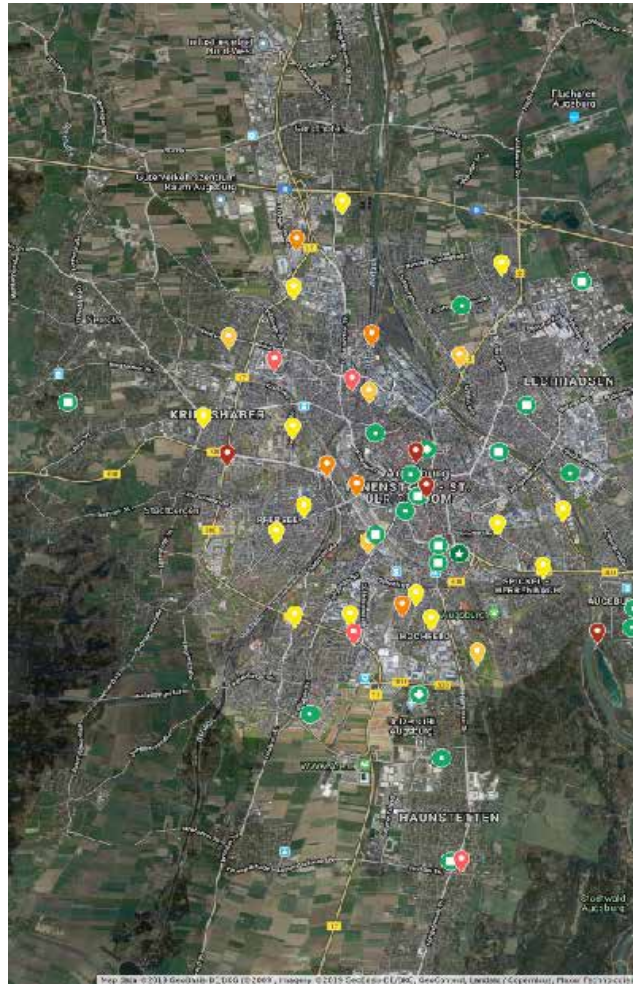


Abb. 3: Lage der Messstandorte im SAQN-Projekt (grün: installiert, rot und dunkelrot: bereits zugesagt, gelb und orange: potentiell möglich aber noch keine Zusage).

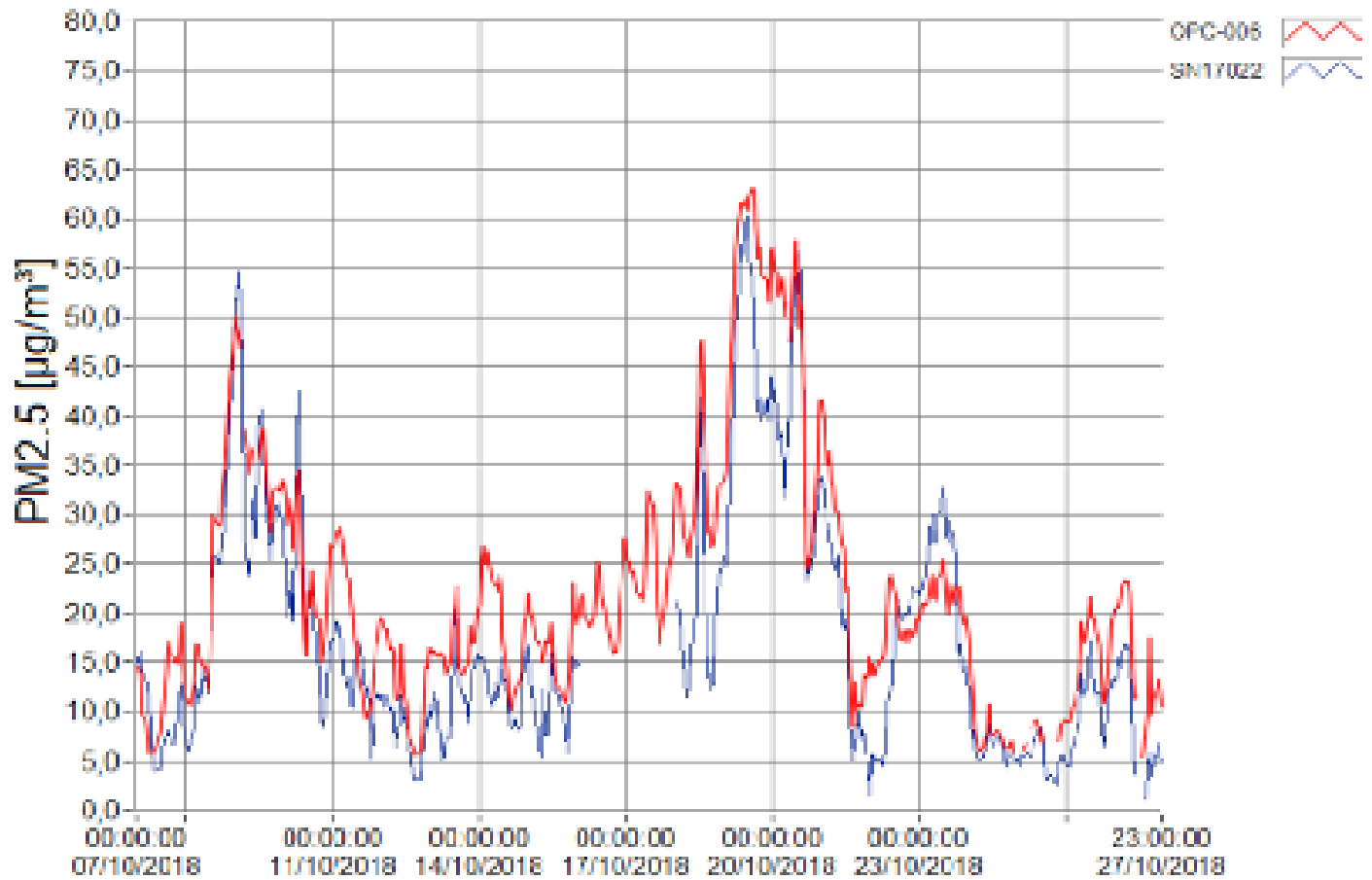


Abb. 4: PM2.5-Konzentrationen gemessen durch ein OPC-EDM164 (Referenzmessgerät) und einem EDM80NEPH (Scientific Scout, kalibriert) im Klostergarten (städtischer Hintergrund).

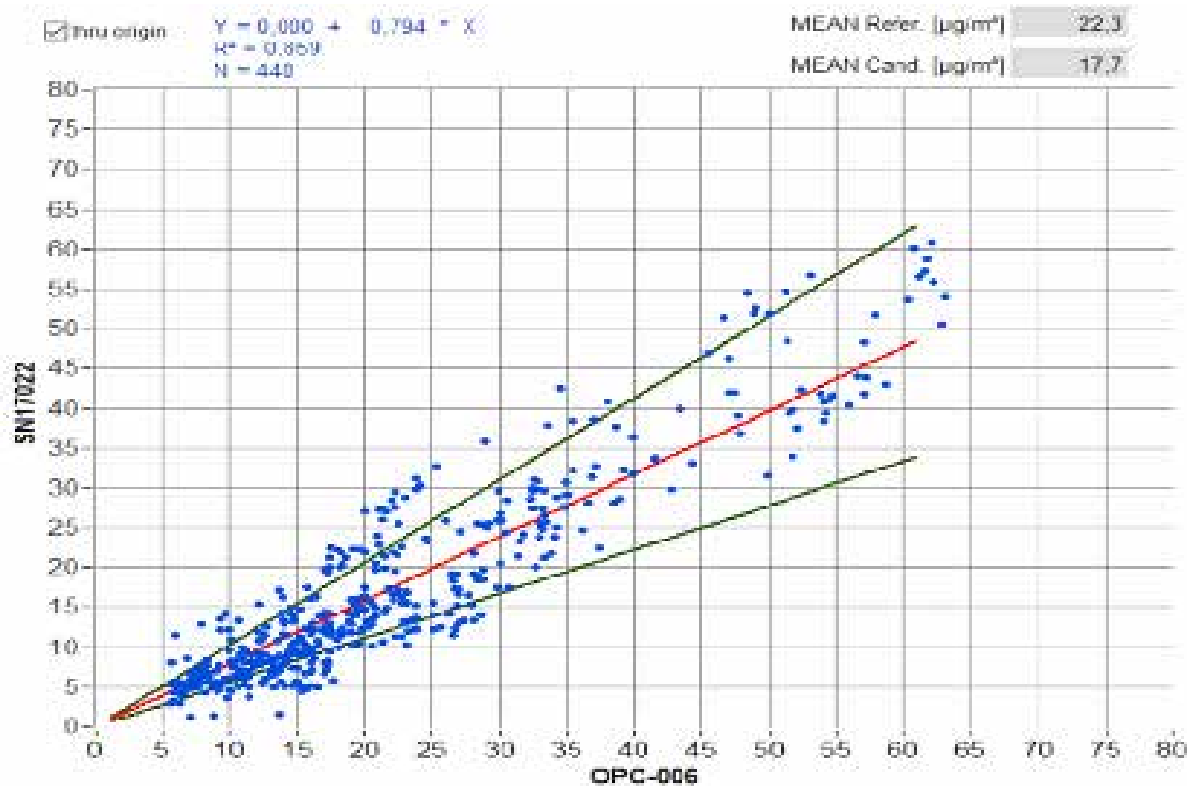


Abb. 5: Korrelation zwischen PM<sub>2.5</sub>-Konzentrationen gemessen durch ein OPC-EDM164 (Referenzmessgerät) und einem EDM80NEPH (Scientific Scout, kalibriert) im Klostergarten (1h-Mittelwerte).

In den Abbildungen 4 und 5 sind die ersten Ergebnisse der Vergleichsmessungen zwischen einem Scientific Scout (EDM80NEPH) und einem Referenzmessgerät (OPC-EDM164) dargestellt. Es hat sich herausgestellt, dass die von der Fa. Grimm entwickelten „Scientific Scouts“ der ersten Generation (EDM80NEPH) nur nach aufwendiger

Kalibration zufriedenstellende Ergebnisse liefern. Derzeit werden verbesserten Geräte zweiter Generation entwickelt (EDM80OPC), die viel besser mit dem Referenzmessgerät übereinstimmen.

Weitere Informationen zum aktuellen Projektstand sind auf der Projektwebseite [www.smartaq.net](http://www.smartaq.net) zu finden.

### Positionspapier der DGP (Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V.)

Die Deutsche Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V. (DGP), die bedeutendste medizinische Fachgesellschaft für Atemwegserkrankungen und Lungeneheilkunde in Deutschland, veröffentlichte Ende 2018 ein wissenschaftliches Positionspapier. Zwei Mitglieder des Projektteams, Regina Pickford und Josef Cyrus, haben an diesem Positionspapier mitgearbeitet. Es entstand unter der Federführung des Helmholtz Zentrums München, Institut für Epidemiologie, in Zusammenarbeit mit der Charité-Universitätsmedizin Berlin, der Universität Bielefeld und der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Das Papier fasst die aktuellen Erkenntnisse internationaler Studien zu Gesundheitseffekten auf Atemtrakt, Herz-Kreislaufsystem, metabolische Prozesse, das zentrale Nervensystem und das ungeborene Leben, den Fötus, zusammen. Daraus abgeleitet stellt es zudem vier Forderungen an Politik und Gesellschaft, die Emissionen aus Industrie, Landwirtschaft und Verkehr weiter zu verringern. Dabei plädiert die DGP für eine weitere Senkung der EU-Grenzwerte für Feinstaub, Stickoxide und anderer Luftschadstoffe.

Das Positionspapier wurde Ende 2018 vom DGP Vorstand und den beteiligten Wissenschaftlern in der Deutschen Parlamentarischen Gesellschaft in Berlin einem Kreis aus Gesundheits-, Verkehrs- und Umweltpolitikern vorgestellt.

Bei dieser Veranstaltung wurde die Bedeutung der DGP-Initiative für Deutschland und Europa betont: Umweltschadstoffe verursachen allein in Europa jährlich Kosten

von 280 Milliarden Euro. Gesunde Luft für alle sei ein zentrales Ziel. Hierfür gelte es, vom isolierten Betrachten einzelner Luftschadstoffe und Maßnahmen wegzukommen und stattdessen die Zusammenhänge in den Fokus zu nehmen. Es wurde die bislang eher schwache Lobby für Umweltmedizin kritisiert und auf die vielfältigen gesundheitlichen Folgen von Luftschadstoffbelastung hingewiesen.

Die Vorstellung des Positionspapiers und die Präsentation der Ergebnisse in der Öffentlichkeit haben zu einer weiteren Intensivierung der in deutschen Medien geführten Debatte über die EU-weiten Grenzwerte für Stickstoffdioxid und Feinstaub sowie über die Angemessenheit von kurzfristigen Maßnahmen wie Dieselfahrverboten beigetragen. Diskutiert wurde nicht zuletzt die Frage, auf welcher wissenschaftlichen Basis die Festlegung von Grenzwerten für Luftverschmutzung beruht. Vor diesem Hintergrund hat Bundeskanzlerin Angela Merkel die Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina gebeten, sich im Rahmen ihrer wissenschaftsbasierten Beratung von Politik und Öffentlichkeit mit der Luftverschmutzung auseinanderzusetzen. Im Februar 2019 hat die Leopoldina eine interdisziplinäre Arbeitsgruppe eingerichtet, die diese Bitte aufnahm und im April 2019 veröffentlichte sie eine Stellungnahme zum Thema „Saubere Luft - Stickstoffoxide und Feinstaub in der Atemluft: Grundlagen und Empfehlungen“, welche sowohl Informationen zum wissenschaftlichen Erkenntnisstand als auch Empfehlungen für den weiteren Weg zu einer saubereren Luft umfasst.

In dieser Stellungnahme fordert die Leopoldina zusätzliche Anstrengungen, um die Konzentration von Schadstoffen in der Luft weiter zu reduzieren. Dabei solle der Schwerpunkt mehr auf Feinstaub als auf Stickstoffoxiden



# Joint Center for Environmental Exposure Sciences

liegen. Von kurzfristigen oder kleinräumigen Maßnahmen, etwa von Fahrverboten, sei keine wesentliche Entlastung zu erwarten.

Das Positionspapier der DGP ist als pdf-Datei abrufbar: [https://pneumologie.de/fileadmin/user\\_upload/DGP\\_Luftschadstoffe\\_Positionspapier\\_20181127.pdf](https://pneumologie.de/fileadmin/user_upload/DGP_Luftschadstoffe_Positionspapier_20181127.pdf)

Die Stellungnahme der Leopoldina ist ebenfalls als pdf-Datei abrufbar:

<https://www.leopoldina.org/publikationen/detailansicht/publication/1092/>

## Ausblick

In der kommenden Periode werden die Modernisierung und der Umbau der Aerosolmessstation im Fokus unserer Arbeit bleiben. Darüber hinaus wird die Beurteilung und Abschätzung der Maßnahmen zur Luftreinhaltung ebenfalls eine wichtige Rolle spielen. Eine weitere wesentliche Aufgabe für die zukünftigen Aktivitäten ist die Einbindung der Messstation in die NAKO Gesundheitsstudie. Gerade die Langzeiteffektstudien benötigen Daten zur räumlich differenzierte Langzeitexposition von Luftschadstoffen, welche dann individuell den Teilnehmern der jeweils untersuchten Kohorte zugewiesen werden können. Darüber hinaus sind Messungen und Modellierung der persönlichen Exposition geplant.

## Literatur

- J. Sun, W. Birmili, M. Hermann, T. Tuch, K. Weinhold, G. Spindler, A. Schladitz, S. Bastian, G. Löschau, J. Cyrus, J. Gu, H. Flentje, B. Briel, C. Asbach, H. Kaminski, L. Ries, R. Sohmer, H. Gerwig, K. Wirtz, F. Meinhardt, A. Schwerin, O. Bath, N. Ma, A. Wiedensohler: Variability

of black carbon mass concentrations, sub-micrometer particle number concentrations and size distributions: results of the German Ultrafine Aerosol Network ranging from city street to High Alpine locations. *Atmospheric Environment* 2019, 202, 256 - 258.

- Susanne Breitner, Annette Peters; Wojciech Zareba; Regina Hampel; David Oakes; Jelani Wiltshire; Mark W Frampton; Philip K Hopke; Josef Cyrus; Mark J Utell; Cathleen Kane; Alexandra Schneider; David Q Rich: Ambient and controlled particle exposures and acute changes in heart rate variability and repolarization. *Scientific Reports* 2019, 9: 1946. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38531-9>.
- Malgorzata Kowalska, Michał Skrzypek, Michał Kowalski, Josef Cyrus, Niewiadomska Ewa and Elzbieta Czech: The Relationship between Daily Concentration of Fine Particulate Matter in Ambient Air and Exacerbation of Respiratory Diseases in Silesian Agglomeration, Poland, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2019, 16, 1131.
- Annette Straub, Katja Berger, Susanne Breitner, Josef Cyrus, Uta Geruschkat, Jucundus Jacobeit, Benjamin Kühnbach, Thomas Kusch, Andreas Philipp, Alexandra Schneider, Robin Umminger, Kathrin Wolf, Christoph Beck: Statistical modelling of spatial patterns of the urban heat island intensity in the urban environment of Augsburg, Germany. *Urban Climate* 2019, 100491, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100491>.
- Alma Lorelei de Jesus, Md Mahmudur Rahman, Mandana Mazaheri, Helen Thompson, Luke D. Knibbs, Cheol Jeong, Greg Evans, Wei Nei, Aijun Ding, Liping Qiao, Li Li, Harri Portin, Jarkko V. Niemi, Hilikka Timonen, Krista Luoma, Tuukka Petäjä, Markku Kulmala, Michal Kowalski, Annette Peters, Josef Cyrus, Luca Ferrero,



## Joint Center for Environmental Exposure Sciences

- Maurizio Manigrasso, Pasquale Avino, Giorgio Buonano, Cristina Reche, Xavier Querol, David Beddows, Roy M. Harrison, Mohammad H. Sowlat, Constantinos Sioutas, Lidia Morawska: Ultrafine particles and PM2.5 in the air of cities around the world: Are they representative of each other? *Environment International* 129 (2019) 118–135.
- Holger Schulz, Stefan Karrasch, Georg Bölke, Josef Cyrus, Claudia Hornberg, Regina Pickford, Alexandra Schneider, Christian Witt, Barbara Hoffmann: Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit. Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Pneumologie und Beatmungsmedizin e.V., 2018.
  - H. Schulz, S. Karrasch, G. Bölke, J. Cyrus, C. Hornberg, R. Pickford, A. Schneider, C. Witt, B. Hoffmann: Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit – Teil I. *Pneumologie* 2019; 73(05): 288-305, DOI <https://doi.org/10.1055/a-0882-9366>.
  - H. Schulz, S. Karrasch, G. Bölke, J. Cyrus, C. Hornberg, R. Pickford, A. Schneider, C. Witt, B. Hoffmann: Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit – Teil II. *Pneumologie* 2019; 73(06): 347-373, DOI [10.1055/a-0895-6494](https://doi.org/10.1055/a-0895-6494).
  - H. Schulz, S. Karrasch, G. Bölke, J. Cyrus, C. Hornberg, R. Pickford, A. Schneider, C. Witt, B. Hoffmann: Atmen: Luftschadstoffe und Gesundheit – Teil III. *Pneumologie* 2019; 73: 407–429, DOI <https://doi.org/10.1055/a-0920-6423>.
  - Kai Chen, Kathrin Wolf, Regina Hampel, Massimo Stafoggia, Susanne Breitner, Josef Cyrus, Evangelia Samoli, Zorana Jovanovic Andersen, Getahun Bero-Bedada, Tom Bellander, Frauke Hennig, Bénédicte Jacquemin, Juha Pekkanen, Annette Peters, Alexandra Schneider, on behalf of the UF&HEALTH Study Group: Does temperature-confounding control influence the modifying effect of air temperature in ozone–mortality associations? *Environmental Epidemiology* (2018) 2 (1): p e008.
  - C. Beck, A. Straub, S. Breitner, J. Cyrus, A. Philipp, J. Rathmann, A. Schneider, K. Wolf, J. Jacobeit: Air temperature characteristics of local climate zones in the Augsburg urban area (Bavaria, southern Germany) under varying synoptic conditions. *Urban Climate* 2018, 25: 152 - 166.
  - Marie-Leen Verdonck, Matthias Demuzere, Hans Hooyberghs, Christoph Beck, Josef Cyrus, Alexandra Schneider, Robert Dewulf, Fieke Van Coillie: The potential of local climate zones maps as a heat stress assessment tool, supported by simulated air temperature data. *Land-landscape and Urban Planning* 178 (2018) 183–197.
- In Press:
- Kai Chen, Alexandra Schneider, Josef Cyrus, Kathrin Wolf, Christa Meisinger, Margit Heier, Wolfgang von Scheidt, Bernhard Kuch, Mike Pitz, Annette Peters, and Susanne Breitner for the KORA Study Group: Hourly Exposure to Ultrafine Particle Metrics and the Onset of Myocardial Infarction in Augsburg, Germany *Environmental Health Perspectives*. In press, DOI [10.1289/EHP5478](https://doi.org/10.1289/EHP5478).

# Gesunde Kliniklandschaften

## PROJEKTTEAM:

- Dr. Anja Kalch  
anja.kalch@phil.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5934
- M.A. Janine Blessing  
janine.blessing@phil.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5634
- Dr. Joachim Rathmann  
joachim.rathmann@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0931 31-82437

## PROJEKTPARTNER

- Zentrum für interdisziplinäre Gesundheitsforschung (ZIG) der Universität Augsburg
- Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg
- Universitätsklinikum Augsburg
- Klinikum Augsburg Süd

## FÖRDERUNG

- Menschen brauchen Menschen, Förderverein für Palliativpatienten am Universitätsklinikum

## PROJEKTLAUFZEIT

- Oktober 2019 – Sommer 2020

## Worum geht es?

Das Klinikum Augsburg hat unter dem Stichwort „University Medicine Goes Green“ bereits mehrere Themenfelder benannt, die unter umweltbezogenen Gesichtspunkten in den kommenden Jahren betrachtet werden sollen. Ein Teilbereich umfasst die ökologische Gebäude- und Landschaftsplanung, die vor allem bestehende Schwachstellen der aktuellen Außengelände in den Blick nimmt. Dabei wird eine Synergie zwischen der ökologischen Landschaftsqualität, der Gesundheit der Patientinnen und Patienten sowie den funktionalen Anforderungen des Außengeländes angestrebt.

Grundlegend dafür ist der positive Einfluss von Landschaften auf die Gesundheit von Menschen und ihr psychisches, physisches und soziales Wohlbefinden. Der Aufenthalt in natürlichen Erholungsräumen kann beispielsweise Stress reduzieren, positive Emotionen hervorrufen, physische Aktivität fördern aber auch physiologische Parameter, wie kardiovaskuläre Körperfunktionen (für einen Überblick siehe Abraham, Sommerhalder, & Abel, 2010; Munderlein & Bruns, 2019). Eine besondere Rolle kommt dabei der Biodiversität von Landschaften zu, da gerade die Vielfalt von Pflanzen und Tieren die ästhetische Wertschätzung und den Erholungswert der Naturräume steigert (Dallimer et al., 2012; Fuller et al., 2007; Sandifer, Sutton-Grier, & Ward, 2015).

Bisher wurden diese gesundheitsförderlichen Effekte primär bei den Besucherinnen und Besuchern städtischer Erholungsräume und Naherholungsgebiete betrachtet (Abraham, Sommerhalder, & Abel, 2010; Munderlein & Bruns, 2019). Eine Einbindung der gesundheitsförderlichen Ökosystemleistung von Landschaften in die Therapie von Patientinnen und Patienten ist im Konzept der

## Gesunde Kliniklandschaften

„therapeutischen Landschaften“ (Gebhard & Kistemann, 2016; Rathmann, 2016; Rathmann & Brumann, 2017) verankert, wurde empirisch bisher jedoch kaum betrachtet. Ziel des Projektes „Gesunde Kliniklandschaften“ ist es deshalb, empirisch zu analysieren, ob Synergien zwischen der ökologischen Landschaftsgestaltung und der Gesundheit von Patientinnen und Patienten im Außengelände der Standorte des Universitätsklinikums nutzbar gemacht werden können. Hier sind zwei Besonderheiten zu berücksichtigen. Einerseits weisen Klinikpatientinnen und -patienten aufgrund ihres Krankheitszustandes und des Krankenhausaufenthaltes ein allgemein schlechteres subjektives Wohlbefinden ebenso wie ein höheres Stresserleben auf als die Durchschnittsbevölkerung (Wilson-Barnett, 1996; Karademas, Tsagaraki, & Lambrou, 2009). Die Patientinnen und Patienten kennen sich zudem im Klinikaußengelände nicht aus und können folglich das vorhandene Ökosystem auch nicht einschätzen. Eine zunehmende Entfremdung zur Natur während des Klinikaufenthaltes könnte dann zu zusätzlichen Belastungen führen, so dass von einer „Nature Deficit Disorder“ (Louv, 2005) gesprochen wird bzw. von den negativen Auswirkungen des Verlustes an Naturerfahrung (the “extinction of experience“) (Miller, 2005). Es liegt folglich eine besonders vulnerable Zielgruppe vor. Dies gilt umso mehr für Patientinnen und Patienten, die eine längerfristige Aufenthaltsdauer im Klinikum haben sowie Patientinnen und Patienten mit eingeschränkter Mobilität. Beides trifft auf Palliativpatientinnen und -patienten im besonderen Maße zu.

Andererseits handelt es sich bei einem Klinikaußengelände, zunächst vor allem um ein Gelände, das den direkten medizinischen Anforderungen genügen muss (Zugäng-

lichkeiten, kurze Wege, Hubschrauberlandeplatz) und erst nachrangig auch der Erholung dienlich sein soll. Diese beiden Besonderheiten reduzieren die Übertragbarkeit allgemeiner Forschungsergebnisse zu Landschaften und Wohlbefinden auf den spezifischen Anwendungsfall Klinikum.

Bei einer bereits durchgeführten Begehung mit Vertretern des Universitätsklinikums sind eine eher geringe und homogene Zusammensetzung der vorhandenen Pflanzenarten durch einheitliche, nährstoffreiche Wiesen oder auch begradigte Uferlinien aufgefallen, die aus ökologischen und landschaftsästhetischen Gesichtspunkten ungünstig sind. Am Standort Süd ist die Terrasse für die Palliativpatientinnen und -patienten in diesem Sommer umgebaut worden und noch gänzlich unbepflanzt. Als mögliche Schwachstelle für die subjektive Wahrnehmung der Patientinnen und Patienten konnte ein großer Krähenkolonie gegenüber dem Spielgelände der Kinderonkologie identifiziert werden. Einerseits kann die Beobachtung von Gartenvögeln und deren Fütterung eine starke Erholungsleistung bieten, eine enge Bindung an die Natur ermöglichen und mit zunehmender Artenkenntnis auch die Sympathiewerte den Vögeln gegenüber steigern (Cox & Gaston, 2015). Andererseits muss aber festgestellt werden, dass Krähen den Ruf von „Todesvögeln“ haben. Gerade diese symbolische Aufladung könnte einen negativen Einfluss auf die Wahrnehmung des Erholungsortes haben (vgl. Cox et al., 2018). Mögliche gesundheitsförderliche Bereiche konnten ebenfalls identifiziert werden, unklar ist jedoch, ob sich diese Einschätzung mit der Wahrnehmung der Patientinnen und Patienten deckt.

Um eine ökologische Verbesserung der Grünflächen des Außengeländes herbeizuführen, sind u.a. das Anlegen ei-

# Gesunde Kliniklandschaften

ner Blühwiese, eine Einbindung in das Projekt „Insekten. Vielfalt.Augsburg“ (Stadt Augsburg & Landschaftspflegeverband), die Impfung der Fläche mit autochthonem Saatgut oder auch die Bepflanzung der Terrasse am Standort Süd im Gespräch. Ziel ist eine Verbesserung der Biodiversität am Klinikgelände aus ökologischen Gesichtspunkten, mit einem möglichst geringen Einsatz finanzieller Mittel.

Begleitend zur ökologischen Verbesserung wird eine empirische Analyse zur gesundheitsförderlichen Wirkung der vorhandenen Außenflächen am Hauptstandort und dem Klinikum Süd umgesetzt.



*Abb. 1: Natur kann zu Heilung und Vorbeugung beitragen. Aber welche Natur?*

## Durchführung

Das Vorgehen unterteilt sich in zwei explorative Teilstudien - einmal am Hauptstandort des Universitätsklinikums und einmal am Klinikum Süd. Während sich die erste Teilstudie der Wahrnehmung der allgemeinen Patientinnen und Patienten am Hauptstandort des Universitätsklinikums widmet, analysiert Teilstudie zwei die besonderen Bedürfnisse der Palliativpatient\*innen am Klinikstandort Süd.

Am Hauptstandort des Universitätsklinikums sollen in der explorativen Teilstudie 1 Plätze, die zur Erholung genutzt werden im bestehenden Klinikaußengelände identifiziert sowie deren Wahrnehmung durch Patientinnen und Patienten erfasst werden.

Dazu ist eine Befragung von Patientinnen und Patienten an ca. 4 spezifizierten Orten des Klinikaußengeländes geplant. Die standardisierte Befragung besteht aus 3 Teilen:

- 1) Zunächst soll das subjektive Wohlbefinden und Stresserleben der Patientinnen und Patienten am jeweiligen Ort, die Wahrnehmung der Biodiversität sowie die Motive für das Aufsuchen des Ortes im Außengelände erfasst werden.
- 2) Die Patientinnen und Patienten werden anschließend gebeten auf einer Karte des Klinikgeländes die Plätze einzutragen, die sie als stressreduzierend und förderlich für das eigene Wohlbefinden erleben sowie Plätze zu markieren, die als unangenehm und stressfördernd empfunden werden.
- 3) Im letzten Abschnitt der Befragung werden die Patientinnen und Patienten zu 3-5 weiteren Plätzen des Außengeländes, die fotografisch dokumentiert sind, näher bezüglich ihres Wohlbefindens an den Orten, positiven und

# Gesunde Kliniklandschaften

negativen Emotionen und der Wahrnehmung der ortsspezifischen Merkmale (z.B. der Biodiversität) standardisiert befragt. Diese Plätze werden sowohl theoriebasiert (Zusammenhang Biodiversität und Wohlbefinden) als auch auf Basis der lokalen Gegebenheiten ausgewählt.

Dies ermöglicht a) eine kartographische Verortung von Räumen im Außengelände die von Patientinnen und Patienten mit einem positiven Erlebens- und Erholungswert assoziiert werden, und b) einen ersten Einblick in den Zusammenhang der Biodiversität spezifischer Orte am Klinikaußengelände mit dem subjektiven Wohlbefinden von Patientinnen und Patienten. So ist es beispielsweise möglich festzustellen, ob die Krähenkolonie tatsächlich als negativ wahrgenommen wird und ob an diesem Ort ein reduziertes Wohlbefinden vorliegt.

Die explorativen Erkenntnisse aus dieser Analyse sind die Grundlage für die geplante Ausarbeitung eines Drittmittelantrages.

Teilstudie zwei befasst sich mit den spezifischen Anforderungen an das Außengelände im Bereich der Palliativmedizin. Dazu werden qualitative Befragungen von Palliativpatient\*Innen und deren Angehörigen durchgeführt. Besondere Berücksichtigung erfahren dabei die eingeschränkte Mobilität und die besonderen krankheitsbezogenen Anforderungen.

## Ausblick

Es wird angestrebt, die Erhebungsphasen am Hauptstandort und am Klinikum Süd bis Sommer 2020 abzuschließen. Abhängig von den erzielten Ergebnissen ist eine Weiterentwicklung im Rahmen eines größeren Forschungsprojektes möglich.

## Literatur

- Abraham, A., Sommerhalder, K., & Abel, T. (2010). Landscape and well-being: a scoping study on the health-promoting impact of outdoor environments. *International Journal of Public Health*, 55(1), 59–69. doi:0.1007/s00038-009-0069-z.
- Arnberger, A., Eder, R., Allex, B., Hutter, H.-P., Wallner, P., Bauer, N., ... Frank, T. (2018). Perceived health benefits of managed and unmanaged meadows in a mountain biosphere reserve – an experimental study in the Austrian Alps. *Eco.Mont (Journal on Protected Mountain Areas Research)*, 10(1), 5–14. doi: 10.1553/eco.mont-10-1s5.
- Claßen, T. (2016). Empirische Befunde zum Zusammenhang von Landschaft und physischer Gesundheit. In U. Gebhard & T. Kistemann (Hrsg.), *Landschaft, Identität und Gesundheit* (S. 71–91). doi:10.1007/978-3-531-19723-4\_6.
- Cox, D. T. C., Hudson, H. L., Plummer, K. E., Siriwardena, G. M., Anderson, K., Hancock, S., Gaston, K. J. (2018). Covariation in urban birds providing cultural services or disservices and people. *Journal of Applied Ecology*, 55(5), 2308–2319. doi:10.1111/1365-2664.13146.
- Cox, D. T. C. & Gaston, K. J. (2015). Likeability of garden birds: Importance of species knowledge and richness in connecting people to nature. *PLOS ONE*, 10(11). doi:10.1371/journal.pone.0141505.
- Dallimer, M., Irvine, K. N., Skinner, A. M. J., Davies, Z. G., Rouquette, J. R., Maltby, L. L., Gaston, K. J. (2012). Biodiversity and the Feel-Good Factor: Understanding Associations between Self-Reported Human Well-being and Species Richness. *BioScience*, 62(1), 47–55. doi:10.1525/bio.2012.62.1.9.

## Gesunde Kliniklandschaften

- Fuller, R. A., Irvine, K. N., Devine-Wright, P., Warren, P. H., & Gaston, K. J. (2007). Psychological benefits of greenspace increase with biodiversity. *Biology Letters*, 3(4), 390–394. doi:10.1098/rsbl.2007.0149.
- Gebhard, U., & Kistemann, T. (Hrsg.). (2016). *Landschaft, Identität und Gesundheit: zum Konzept der therapeutischen Landschaften*. Wiesbaden: Springer VS.
- Gesler, W. M. (1993). Therapeutic landscapes: theory and a case study of Epidaurus, Greece. *Environment and Planning D: Society and Space*, 11(2), 171–189. doi:10.1068/d110171.
- Hartig, T., Mitchell, R., de Vries, S., & Frumkin, H. (2014). Nature and Health. *Annual Review of Public Health*, 35(1), 207–228. doi:10.1146/annurev-publ-health-032013-182443.
- Karademas, E. C., Tsgaraki, A., & Lambrou, N. (2009). Illness Acceptance, Hospitalization Stress and Subjective Health in a Sample of Chronic Patients Admitted to Hospital. *Journal of Health Psychology*, 14(8), 1243–1250. doi:10.1177/1359105309345169.
- Louv, R. (2005). *Last child in the woods: saving our children from nature-deficit disorder*. Chapel Hill: Atlantic Books.
- Miller, J. R. (2005). Biodiversity conservation and the extinction of experience. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(8), 430–434. doi:10.1016/j.tree.2005.05.013.
- Qiu, L., Lindberg, S., & Nielsen, A. B. (2013). Is biodiversity attractive?—On-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space. *Landscape and Urban Planning*, 119, 136–146. doi:10.1016/j.landurbplan.2013.07.007.
- Rathmann, J. (2016). *Therapeutische Landschaften – neue Argumente für Gesundheitstourismus und Naturschutz*. In M. Mayer & H. Job (Hrsg.), *Naturtourismus - Chancen und Herausforderungen. Studien zur Freizeit- und Tourismusforschung*, 12. Mannheim: MetaGIS.
- Rathmann, J., & Brumann, S. (2017). *Therapeutische Landschaften in der Psychoonkologie: Die gesundheitsfördernde Wirkung von Natur und Landschaft*. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 26(3), 254–258. doi:10.14512/gaia.26.3.9.
- Sandifer, P. A., Sutton-Grier, A. E., & Ward, B. P. (2015). Exploring connections among nature, biodiversity, ecosystem services, and human health and well-being: Opportunities to enhance health and biodiversity conservation. *Ecosystem Services*, 12, 1–15. doi:10.1016/j.ecoser.2014.12.007.
- Stigsdotter, U., & Grahn, P. (2002). What Makes a Garden a Healing Garden? *Journal of Therapeutic Horticulture*, 13, 60–69.
- Wilson-Barnett, J. (1996). Stress in Hospital Patients. In A. H. Bittles & P. A. Parsons (Hrsg.), *Stress: Evolutionary, Biosocial and Clinical Perspectives* (S. 152–158). doi:10.1007/978-1-349-14163-0\_9.



# Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel

## PROJEKTTEAM

- M.Sc. Esther Giemsa  
esther.giemsa@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3578
- PD Dr. Jens Soentgen  
soentgen@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3560

## PROJEKTPARTNER

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Luftreinhaltungsplanung, Verkehr und Qualitätssicherung, Dr. Mike Pitz
- Helmholtz Zentrum München (HMGU), Institut für Epidemiologie II, Dr. Josef Cyrus & Prof. Dr. Annette Peters

## FINANZIERUNG

- Fördermittelgeber des Forschungsvorhabens "Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel" ist das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU), Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg.

## PROJEKTLAUFZEIT

- Januar 2017 – Juni 2020

## Worum geht es?

Ultrafeine Partikel (UFP, Durchmesser  $< 100$  nm), die durch Verbrennungsprozesse entstehen und standortabhängig bis zu 90 % der in der Umwelt vorkommenden Partikel (bezogen auf die Partikelanzahlkonzentration) ausmachen, rücken zunehmend in den Fokus der öffentlichen Wahrnehmung, wodurch Fragestellungen hinsichtlich Messungen, Kennwerten und Bewertungen zunehmen. Ursächlich für diese Entwicklung sind die gesundheitsschädigenden Wirkungen der UFP, die epidemiologische und toxikologische Studien belegen. Sie zeigen auf, dass insbesondere UFP - die Kleinsten der Kleinen - tief in die Lunge vordringen, zelluläre Membranen überwinden und auf diesem Wege direkt ins Blut gelangen können, wo sie u. a. Reaktionen wie die Verdickung des Blutes und ein damit verbundenes erhöhtes Risiko für Herzinfarkte und Schlaganfälle hervorrufen können (Rückerl et al. 2011 & Frampton et al. 2000). Besonders negative gesundheitliche Auswirkungen konnten für Partikel nachgewiesen werden, die aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe (Laden et al. 2000) oder aus dem Straßenverkehr stammen (Peters et al. 2015).

Trotz der wissenschaftlichen Hinweise auf gesundheitsschädigende Wirkungen der UFP wird die Beweislage aufgrund der im Verhältnis zum Feinstaub überschaubaren Anzahl von Studien und teilweise widersprüchlichen Ergebnissen insgesamt als zu wenig aussagekräftig bewertet, um gesetzliche Regelungen für Immissionsgrenzwerte auszusprechen (Frampton et al. 2000). Zwar wurden mit der Anpassung des Lufthygienischen Landesüberwachungssystems Bayern (LÜB) an die Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV bayernweit zusätzlich zu den bereits bestehen-

# Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel

den Messstellen für PM<sub>10</sub> (Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser < 10 µm) auch Standorte für die Erfassung der kleineren Partikelfraktion PM<sub>2.5</sub> (aerodynamischer Durchmesser < 2.5 µm) eingerichtet. Da dabei jedoch ausschließlich die Partikelmasse gemessen wird, zu der UFP nur wenige Prozent beitragen, ist damit keinerlei Aussage zu den relevanten Kenngrößen von UFP möglich. Es bedarf vielmehr der kontinuierlichen Messung der Partikelanzahlkonzentration (1/cm<sup>3</sup>) in Verursachernähe, um die typischen anthropogenen Emittenten von UFP (Kfz-Verkehr, Heizungsanlagen oder Industrie) zu quantifizieren.

In Bayern werden kontinuierliche UFP-Messungen an drei Standorten durchgeführt, davon befinden sich zwei außerhalb des unmittelbaren Einflussbereichs von anthropogenen Emittenten (am meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg und an der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus 300 m unterhalb des Zugspitzgipfels) und dienen zur Klimaüberwachung. Die dritte Messstation befindet sich im städtischen Hintergrund auf dem Campus der Hochschule Augsburg. Sie wird dort seit 2004 vom Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg in Kooperation mit dem Helmholtz Zentrum München betrieben und detektiert ohne lokale Quellen in direkter Nähe den integrierten Beitrag sämtlicher urbaner Emissionen. Die Daten der Aerosolmessstation werden insbesondere zur Erforschung von Gesundheitseffekten im Rahmen der Langzeit-Bevölkerungsstudie (NAKO Gesundheitsstudie) verwendet. Die UFP-Belastungssituation an charakteristischen Standorten in der Stadt, wie z. B. an Hauptverkehrsstraßen oder in Industriegebieten sowie in Wohngebieten mit hohem Anteil an Feststofffeuerungen, ist deshalb in Bayern bislang weitgehend unbekannt und

es gibt nur wenige Erkenntnisse über die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel im Stadtgebiet. Hier setzt das Forschungsprojekt an, indem es UFP-Kennwerte verursacherabhängig, d. h. abhängig von verschiedenen anthropogenen lokalen Quellen, in der Stadt Augsburg orientierend über ein Kalenderjahr (2017) hinweg gemessen hat. Die Messungen wurden anschließend qualitätsgesichert, bevor eine Auswertung hinsichtlich räumlicher und zeitlicher Verteilungsmuster sowie meteorologischer Einflüsse erfolgt und die Korrelationen mit relevanten Luftschadstoffen (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, Stickoxide, Ozon), die an den LÜB-Stationen gemessen werden, ermittelt werden. Damit werden erstmalig Aussagen zur UFP-Belastungssituation in Abhängigkeit lokal vorherrschender Quellen im städtischen Bereich für Bayern möglich sein. Die gewonnenen Erkenntnisse können zudem auf vergleichbare Standorte in anderen bayerischen Städten übertragen werden und sollen damit die aufgezeigte Wissenslücke schließen helfen.

## Ablauf der Vergleichsmessungen

Über das Kalenderjahr 2017 erfolgten insgesamt acht Feldmessphasen für UFP mit mobilen Messgeräten vom Typ EDM 465 UFPC jeweils über eine Dauer von vier Wochen an verschiedenen Standorten und gleichmäßig über das komplette Jahr verteilt. Zur Qualitätskontrolle wurden parallellaufende Vergleichsmessungen mit den eingesetzten mobilen Messgeräten und der Augsburger Aerosolmessstation vorgenommen. Diese begannen vor der ersten Feldmessphase und wurden anschließend regelmäßig nach jeder Feldmessphase wiederholt. Die Resultate dieser neun Parallelmesszeiträume werden mittels deskripti-



# Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel

ver statistischer Verfahren und Maßzahlen auf ihre Homogenität und Kontinuität hin überprüft.

Insgesamt umfassen die Vergleichsmessungen 1.155 Stundenwerte, zu denen jeweils alle drei mobilen Messgeräte wie auch die stationären Messgeräte der Augsburger Aerosolmessstation parallel Daten aufgezeichnet haben. Diese

umfangreichen Parallelmessungen verteilen sich über das gesamte Kalenderjahr 2017 und bilden daher eine aussagekräftige Datenbasis für die Analyse und Bewertung von Langzeitstabilität, Qualität und Belastbarkeit der UFP-Messwerte sowie der mobilen UFP-Messgeräte.

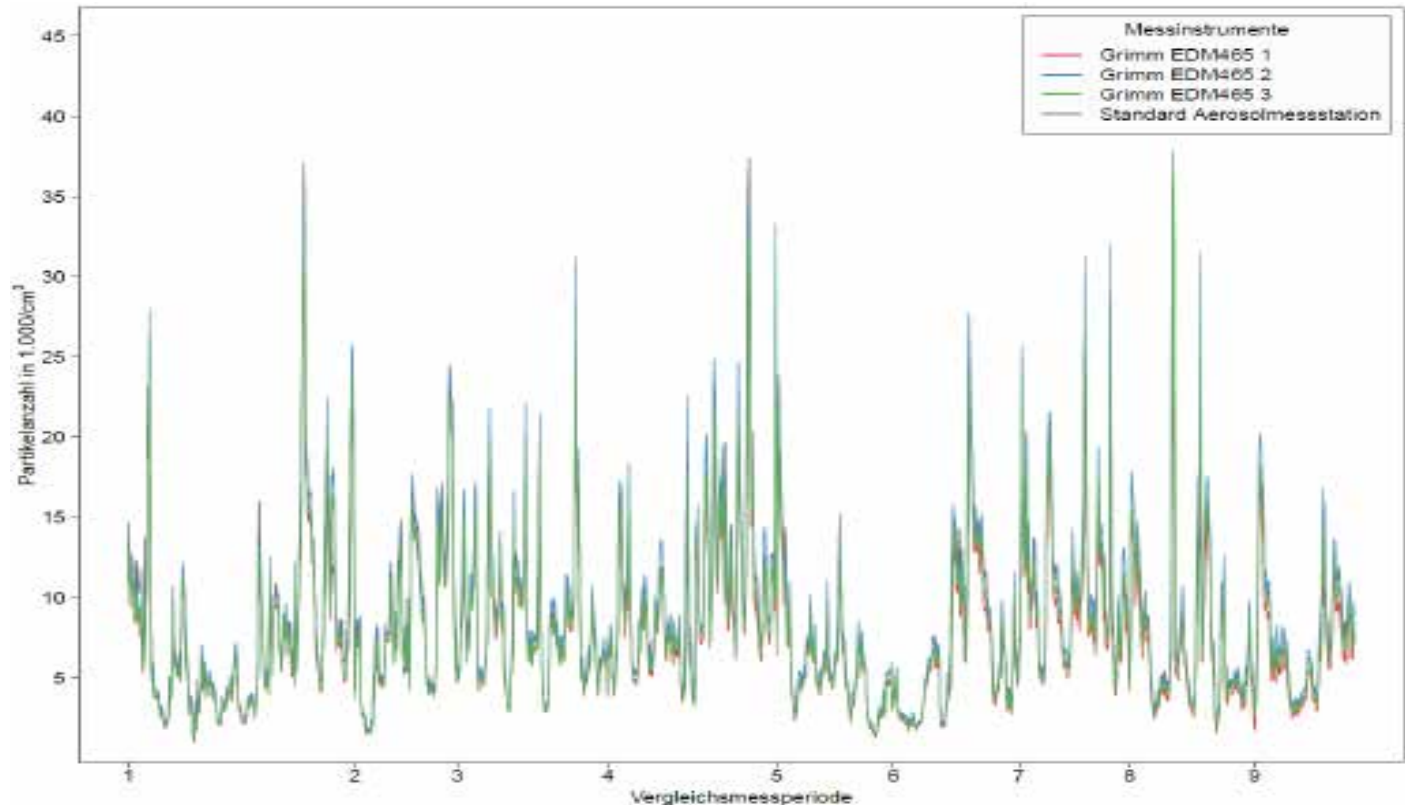


Abb. 1: Zeitreihen der Partikelanzahlkonzentrationen auf Stundenbasis für die Vergleichsmessungen.

# Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel

## Auswertung der Vergleichsmessungen

Um die Daten der mobilen Messgeräte mit denen der Augsburger Aerosolmessstation vergleichen zu können, wurde der Messbereich der mobilen Messgeräte (7 nm – 2 µm) aus den Größenverteilungen der stationären Messgeräte als Summenparameter auf Stundenbasis berechnet. Der Mittelwert der stationären Messgeräte wurde als Standard angenommen.

Die Zeitreihen der Partikelanzahlkonzentration aller 1.155 parallel gemessenen Stundenmittelwerte aus den direkt aneinander gereihten neun Vergleichsmessperioden gibt Abb. 1 wieder. Bereits visuell ist erkennbar, dass die mobilen Messwerte untereinander wie auch gegenüber dem Mittelwert der stationären Messgeräte (Standard) sowohl bei geringen als auch bei hohen Belastungen ein hohes Maß an Kontinuität und Homogenität aufweisen. Ergänzend zur graphischen Betrachtung der Zeitreihen aus den Vergleichsmessungen gibt Abb. 2 mittels deskriptiver statistischer Verteilungsparameter einen gerätespezifischen Einblick in die Resultate der einzelnen Parallelmessungen. Die nach den einzelnen Vergleichsmessperioden gruppierten Box-Whisker-Plots der Partikelanzahlkonzentrationen auf Stundenbasis der drei mobilen UFP-Messgeräte und des Standards der Aerosolmessstation zeigen sehr anschaulich die in Bezug auf Lage- (Median und Quartilswerte) und Streuungsmaße (Spannweite und Interquartilsabstand) sehr homogenen Messresultate der einzelnen (mobilen wie stationären) Messinstrumente während aller neun Parallelmessphasen.

Insgesamt bewegen sich die Variationen der gemessenen Partikelanzahlkonzentrationen der mobilen Messgeräte gegenüber dem Standard der Aerosolmessstation im Wertebereich von durchschnittlich drei bis acht Prozent und

weisen untereinander Abweichungen von drei bis zwölf Prozent im Mittel über alle Vergleichsmessperioden auf (s. Abb. 3). Diese geringen Differenzen der mobilen Messgeräte untereinander ergeben im Mittel über alle Vergleichszeiträume hohe Spearman Korrelationskoeffizienten von  $r > 0,99$  (auf Stundenbasis). Gegenüber dem Standard der Aerosolmessstation erreichen die mobilen Messgeräte Spearman Korrelationskoeffizienten von  $r > 0,98$ . Damit wird nachgewiesen, dass die zeitlichen Variationen der Partikelanzahl sowohl für geringe ( $< 1.000$  Partikel/cm<sup>3</sup>) als auch hohe Konzentrationen ( $> 35.000$  Partikel/cm<sup>3</sup>) von den mobilen Messgeräten sehr gut abgebildet werden.

# Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel

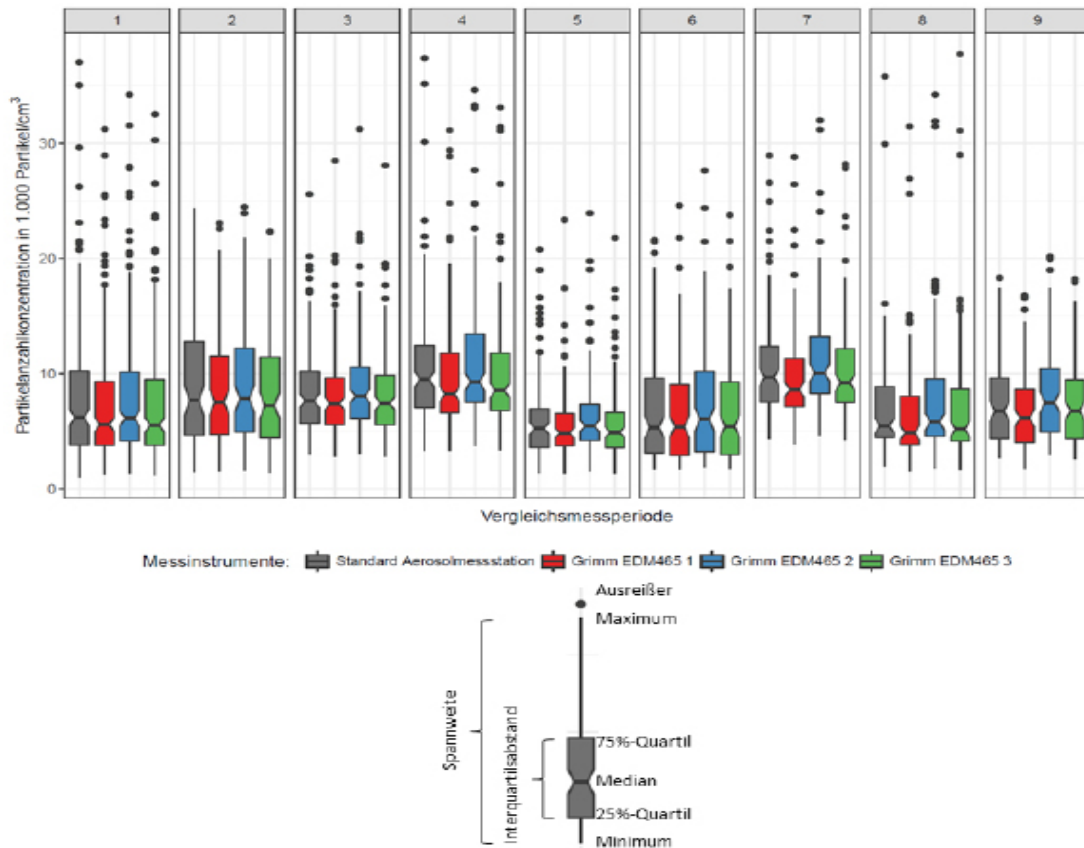


Abb. 2: Box-Whisker-Plots der Partikelanzahlkonzentrationen auf Stundenbasis differenziert nach den Vergleichsmessperioden.

# Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel

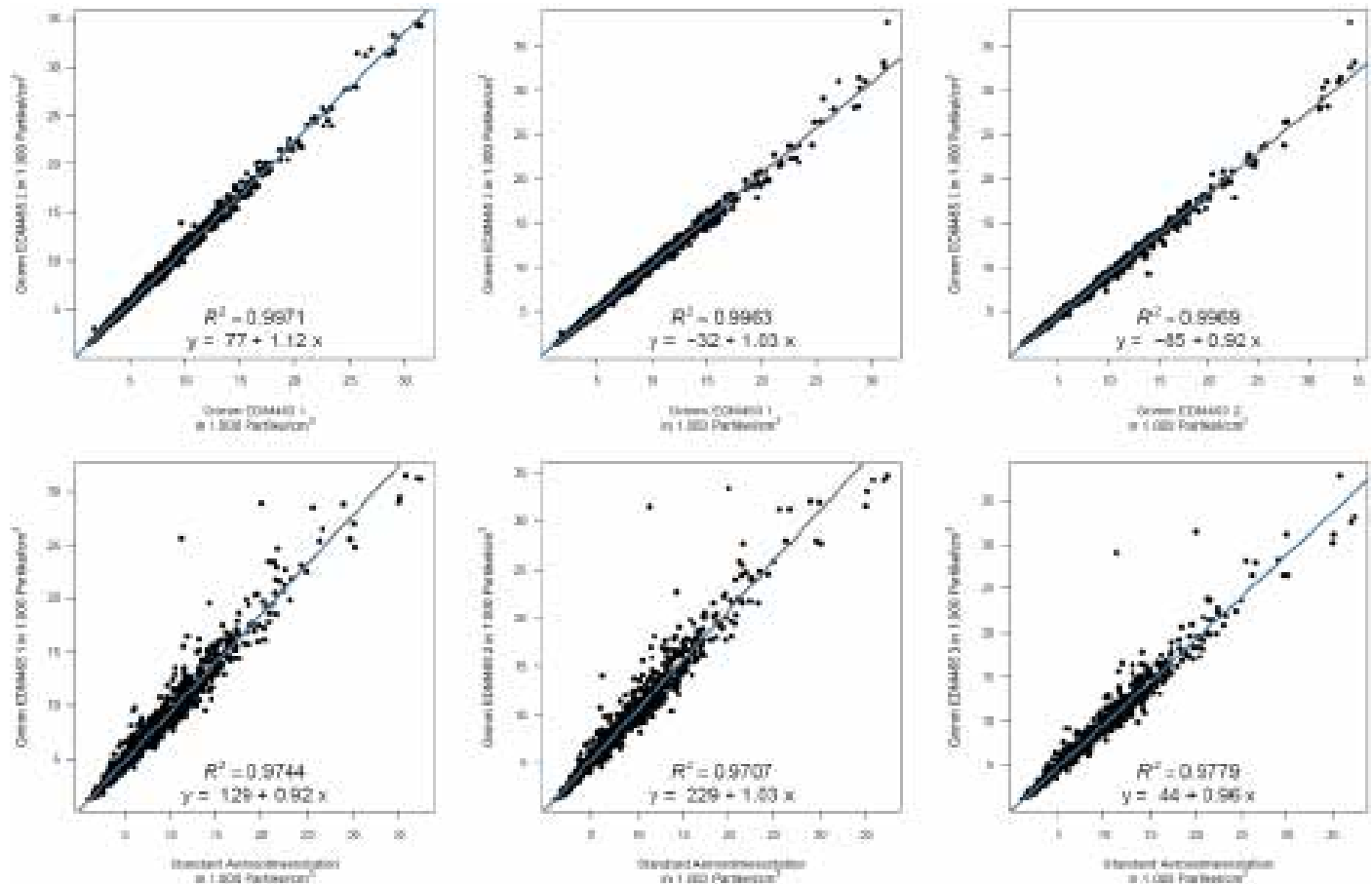


Abb. 3: Scatterplots der Partikelanzahlkonzentrationen auf Stundenbasis für alle Vergleichsmessperioden.

# Einfluss lokaler Quellen auf die räumliche und zeitliche Verteilung ultrafeiner Partikel

## Ausblick

Die durchweg positiven Resultate der statistischen Analyse der Vergleichsmessdaten bestätigen eine größtmögliche Vergleichbarkeit der mobilen Messgeräte während der Feldmessphasen. Sie ermöglichen auch die Berechnung von messgerätespezifischen Korrekturfaktoren, die die Vergleichbarkeit der mobilen Messgeräte noch erhöhen. Durch die Anwendung der Korrekturfaktoren wird sichergestellt, dass Differenzen während der Feldmessphasen vollumfänglich auf den Einfluss von Witterung bzw. standortcharakteristischen Emittenten zurückzuführen sind und nicht durch das individuelle mobile Messgerät verursacht werden.

Die Auswertungen der Vergleichsmessungen unterstreichen die hohe Qualität der im Rahmen dieses Projekts gewonnen Messdaten und geben damit grünes Licht für die intensive Datenanalyse und -auswertung der während der Feldmessphasen an den unterschiedlichen städtischen Standorten gemessenen UFP-Konzentrationen. Dabei stehen insbesondere die folgenden Untersuchungen im Fokus:

- Ermittlung von standortabhängigen UFP-Kennwerten für das gesamte Kalenderjahr 2017
- Analyse von
  1. Tages- und Wochenverläufen
  2. auffälligen Episoden der Immissionssituation
  3. raumzeitlichen Variationen der UFP-Belastung
- Identifikation und Quantifizierung von Zusatzbelastungen in Abhängigkeit lokal vorherrschender Quellen im Vergleich zur Belastung im städtischen Hintergrund

- Bewertung des Einflusses von meteorologischen Bedingungen
- Korrelationen zwischen UFP und regulierten Luftschadstoffen

## Literatur

- Ruckerl, R., Schneider, A., Breitner, S., Cyrus, J., Peters, A. (2011): Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhalation Toxicology*, 23(10), S. 555-592.
- Frampton, M. W., Brauer, M., Kleeman, M., Kreyling, W. G., Ntziachristos, L., Ebel Sarnat, S. (2013): HEI Review Panel on Ultrafine Particles. Understanding the Health Effects of Ambient Ultrafine Particles. HEI Perspectives 3. Health Effects Institute, Boston, MA. 108 S.
- Laden, F., Neas, L. M., Dockery, D. W., Schwartz, J. (2000): Association of fine particulate matter from different sources with daily mortality in six U. S. cities. *Environmental Health Perspectives*, 108, S. 941-947.
- Peters, A., Hampel, R., Cyrus, J., Breitner, S., Geruschkat, U., Kraus, U., Zareba, W., Schneider, A. (2015): Elevated particle number concentrations induce immediate changes in heart rate variability: a panel study in individuals with impaired glucose metabolism or diabetes. *Particle and Fibre Toxicology*, 12:7, DOI 10.1186/s12989-015-0083-7.

# Umwelt und Gesundheit: Interdisziplinäre Herausforderungen für Forschung und Lehre

## PROJEKTPARTNER

- Dr. Julia von Hayek  
von-hayek@zig.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5490
- Prof. Dr. Ulrich Gassner  
ulrich.gassner@jura.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 - 4600
- Prof. Dr. Alexandra Manzei  
gesundheitssoziologie(at)phil.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 - 4099
- PD Dr. Jens Soentgen  
soentgen@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3560

## KOOPERATION

- ZIG (Zentrum für Interdisziplinäre Gesundheitsforschung)

## PROJEKTSTART

- 5/2018 – 5/2020

## Ein aktueller Band mit Forschungsbeiträgen in der Reihe GIP – Gesundheitsforschung. Interdisziplinäre Perspektiven (im Nomos-Verlag).

Gemäß einer aktuellen Veröffentlichung der Weltgesundheitsorganisation WHO stehen 23 % aller Todesfälle weltweit mit der Umwelt in Zusammenhang. Betrachtet man die Publikation genauer, stellt man fest, dass in die Statistik nicht nur Erkrankungen und Todesfälle, die auf Luftverschmutzung oder verseuchtes Wasser zurückzuführen sind, aufgenommen wurden, sondern auch „unbeabsichtigte Verletzungen“ mit 1,7 Todesfällen jährlich und sogar „beabsichtigte Verletzungen“, die für jährlich 246.000 Todesfälle verantwortlich sein sollen. Hier stutzt man und fragt sich unwillkürlich, ob dies nun tatsächlich umweltbedingte Erkrankungen sind. Was gehört zur Umwelt dazu, auch der Straßenverkehr mit seinen Verletzungsrissen? Oder doch nur die mit Autoabgasen verschmutzte Luft, die von Autoabgasen geschwängert ist?

Auch wenn diese begriffliche Unsicherheit am „big picture“, das die WHO zeichnen will, wenig ändert, zeigt sie doch, dass es nicht nur eine akademische Spitzfindigkeit ist, wenn man fragt, was mit dem Begriff „Umwelt“ und „umweltbedingte Erkrankung“ eigentlich gemeint ist. Solche Definitionen haben vielmehr, ähnlich wie andere umfochtene Begriffe (man denke nur an Arbeitslosigkeit) eine politische Dimension. Je nachdem, wie man Umwelt definiert, kann man eine verschieden große Zahl umweltbedingter Erkrankungen und Todesfälle feststellen. Dies ist einer der Gründe dafür, im Forschungsbereich Umwelt und Gesundheit nicht nur gewissermaßen geradeaus

# Umwelt und Gesundheit: Interdisziplinäre Herausforderungen für Forschung und Lehre

wissenschaftlich zu forschen, sondern immer wieder inzuhalten, auf die verwendeten Methoden und Begriffe zu reflektieren und sich mit alternativen Konzepten und Methoden auseinanderzusetzen.

Mit dem Band, an dem sich neben Augsburger Forscherinnen und Forschern auch externe Kolleginnen und Kollegen beteiligen, und der am 7. Mai 2020 im Rahmen eines Science Talks vorgestellt werden wird, sollen Anstöße zu einer solchen Reflexion gegeben werden. Versucht wird einerseits, im direkten Zugriff aktuelle Themen der Forschung im Bereich Umwelt und Gesundheit anzusprechen. Andererseits soll nachgezeichnet werden, wie der Forschungsbereich historisch entstanden ist, welchen Fokus er derzeit hat, welche begrifflichen und konzeptionellen Alternativen es gibt und welche Perspektiven für die Zukunft besonders vielversprechend sind.

Hintergrund ist die Etablierung des Forschungsschwerpunktes Environmental Health Sciences an der medizinischen Fakultät der Universität Augsburg. Entstanden ist dieser deutschlandweit einmalige Augsburger Forschungsschwerpunkt auf der Basis langjähriger Forschungsarbeiten und Kooperationen, die 2003 am Wissenschaftszentrum Umwelt begonnen wurden, bald auch Forschergruppen am Lehrstuhl für Physische Geographie einbezogen und heute zahlreiche Forscherinnen und Forscher der Medizinischen Fakultät beschäftigen. Hier geht es um hochgradig innovative Forschung, die das Ziel hat, krankmachende Umweltfaktoren zu identifizieren und Wege aufzuzeigen, Belastungen zu vermindern. Da aufgrund der Verstädterung für viele Menschen in Mitteleuropa, zunehmend aber auch weltweit künstliche, gebaute Umwelten der Hauptaufenthaltort sind, stehen urbane Umwelten im Mittelpunkt des Interesses. Wir sehen Um-

welt nicht als statisch an, sondern als hochgradig dynamisch; schon allein der Klimawandel, aber auch die ökonomische Globalisierung sorgen für teilweise dramatische Veränderungen, die der Welt schon in wenigen Jahrzehnten ein anderes Gesicht geben werden.

Auch bei unterschiedlichen Definitionen von Umwelt gibt es klare Indizien dafür, ob diese oder jene Krankheit durch Umweltfaktoren beeinflusst ist oder nicht. Eine davon ist die räumliche Variabilität der Häufigkeit bestimmter Erkrankungen. Oft, wenn auch nicht immer, steckt dann ein externer Faktor dahinter. Nicht überall auf der Welt sind es dieselben Probleme, die Erkrankungen fördern. Für uns ist etwa der Zugang zu sauberem Trinkwasser eine Selbstverständlichkeit. Der überwiegende Teil der Menschheit lebt aber in ganz anderen Verhältnissen und so kommt es, dass Erkrankungen, die auf den Gebrauch unsauberen Wassers zurückzuführen sind, in manchen Teilen der Welt ernste Probleme darstellen, insbesondere für Neugeborene. Das Beispiel zeigt, dass man stets über die vertrauten Verhältnisse hinausblicken muss, wenn man die wirklich großen Themen im Blick behalten will.

Das Spektrum der Erkrankungen, bei denen ein deutlicher Umwelteinfluss nachgewiesen wurde, hat sich in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich erweitert. Standen ursprünglich vor allem Lungen- und Hautkrankheiten, bestimmte Tumorerkrankungen sowie Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes im Fokus, so ist heute längst nachgewiesen, dass auch bei gravierenden kardiovaskulären Erkrankungen wie etwa dem Infarkt und auch bei neurologischen Erkrankungen, insbesondere beim Schlaganfall, Umweltfaktoren eine erhebliche, oft unterschätzte Rolle spielen. Ihre Wirkungsmechanismen sind häufig noch nicht aufgeklärt, gerade hier sind ohne Zweifel noch

# Umwelt und Gesundheit: Interdisziplinäre Herausforderungen für Forschung und Lehre

erhebliche Entdeckungen zu erwarten. Schon immer haben Forschungsarbeiten zu Umweltschadstoffen und Giften eine besondere Rolle in der medizinischen Forschung gespielt, weil spezifische Substanzen körperlich oft höchst eigentümliche Wirkpfade haben, sie wirken so individuell wie Pharmazeutika und haben daher immer wieder Anlass geben, bestimmte biologische Mechanismen aufzudecken (etwa den Aryl-Hydrocarbon-Rezeptor).

Erkenntnisse aus solchen Forschungsarbeiten können nicht nur helfen, Erkrankungen zu vermeiden, sie können auch schon Erkrankten helfen, indem Wege gefunden werden, ihr Leiden zu mindern oder es kurativ zu behandeln. Die medizinische Bedeutung aller Forschung zu Umwelt und Gesundheit liegt sowohl in der Prävention wie auch in neuen Beiträgen für erfolgreiche individuellen Therapie und Versorgung. Bei der Prävention werden zum einen Einzelne adressiert, denen etwa gesagt wird, wie sie sich vor diesen oder jenen schädlichen Stoffen bzw. Strahlen schützen können.

Doch die Prävention adressiert häufig auch ganze Gruppen, indem etwa durch bestimmte gesetzliche Maßnahmen Schadstoffe gemindert werden. Daher wirkt die Forschung im Bereich Umwelt und Gesundheit nicht nur durch die Vermittlung ärztlicher therapeutischer Maßnahmen. Sie greift auch auf dem Umweg über Gesetze und Verordnungen in die Praxis ein.

Nach Angaben des US-amerikanischen Centers for Disease Control and Prevention hat sich die Lebenserwartung bei Geburt in den Vereinigten Staaten zwischen 1900 und 1999 um fast 30 Jahre verlängert. Hiervon werden 5 Jahre auf Fortschritte der kurativen Medizin zurückgeführt, 25 Jahre aber auf Präventionsstrategien.

Doch sind die naturwissenschaftlich fassbaren Umwelt-

faktoren schon alles, was im Bereich Umwelt und Gesundheit thematisiert werden kann? Neben der objektiven Umwelt gibt es schließlich auch noch das soziale Umfeld, und auch dieses hat direkten und objektiv nachweisbaren Einfluss auf die Gesundheit. Etwa bei Diabetes, einer der weltweit bedeutendsten Erkrankungen, sind solche Einflussfaktoren von erheblicher Bedeutung. Solche Einflussgrößen können nicht rein naturwissenschaftlich, sondern nur in Kombination mit sozialwissenschaftlicher Methodik und Begrifflichkeit objektiviert werden. Auch hierzu finden sich in dem Band Anregungen und Perspektiven.

## Literatur

- Kistemann, T., Engelhart, S. und Exner, M. (2002): Standortbestimmung: Umweltmedizin, Hygiene und Öffentliche Gesundheit, in: Lehrbuch der Umweltmedizin, Dott, W., Merk, H.F., Neuser, J. und Osieka, R. (Hrsg.), Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft: Stuttgart.
- World Health Organisation: Environmental impacts on health: What is the big picture?, [https://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/PHE-prevention-diseases-infographic-EN.pdf](https://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/PHE-prevention-diseases-infographic-EN.pdf), (zuletzt aufgerufen am 04.12.2019).
- World Health Organisation (2009): Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. ISBN 978 92 4 156387 1, o.V., o.O.



# Die interdisziplinäre AG Neuro-EHS

## PROJEKTTEAM

- Prof. Dr. Markus Naumann (Sprecher)  
Markus.Naumann@uk-augsburg.de
- PD Dr. Michael Ertl  
Michael.Ertl@uk-augsburg.de
- PD Dr. Antonios Bayas  
antonios.bayas@uk-augsburg.de
- Prof. Dr. Elke Hertig  
elke.hertig@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2752
- Prof. Dr. Jakob Linseisen  
j.linseisen@helmholtz-muenchen.de  
Tel.: 0821 598 6471
- Prof. Dr. Christa Meisinger  
Christine.Meisinger@uk-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 6476
- PD Dr. Christoph Beck  
christoph.beck@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2129
- PD Dr. Andreas Phillipp  
a.philipp@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2266
- Prof. em. Dr. Jucundus Jacobeit  
jucundus.jacobeit@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2670
- Prof. Dr. Wolfgang Buerman  
wolfgang.buermann@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2662
- Prof. Dr. Claudia Traidl-Hoffmann  
claudia.traidl-hoffmann@tum.de  
Tel.: 0821 598 6424

- Dipl. Soz. Gertrud Hammel  
gertrud.hammel@tum.de  
Tel.: 0821 598 6423
- PD Dr. Jens Soentgen  
soentgen@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3560
- Dr. Alexandra Schneider  
alexandra.schneider@helmholtz-muenchen.de  
Tel.: 089 3187 3512
- Dr. Josef Cyrus  
cyrus@helmholtz-muenchen.de  
Tel.: 089 3187 4156

## PROJEKTSTART

- 2015

# Die interdisziplinäre AG Neuro-EHS

## Worum geht es?

Schlaganfälle sind laut WHO (2018) die zahlenmäßig bedeutendste umweltassoziierte Erkrankung. Aber auch bei anderen neurologischen Erkrankungen wie Multiple Sklerose (MS) und Parkinson sind Umwelteinflüsse hinsichtlich Entstehung und Krankheitsverlauf bekannt. Bei MS sieht man dies u.a an der geographischen Verteilung der Erkrankung. MS kommt in Ländern der äquatorialen Zone deutlich seltener vor als in Ländern, die entfernt vom Äquator gelegen sind, obgleich es Ausnahmen gibt. Kürzlich konnte ein Zusammenhang zwischen UV-Strahlung und Manifestation einer MS auch unabhängig vom Vitamin D-Spiegel nachgewiesen werden. Bei Parkinson sind bestimmte Schwermetalle oder Chemikalien, die z.B. in Herbiziden enthalten sind, als Auslöser nachgewiesen. Auch Veränderungen im Mikrobiom des Darmes werden als Krankheitsfaktor diskutiert. Bei Demenz und zahlreichen anderen neurologischen Erkrankungen werden ebenfalls Umweltfaktoren vermutet. Dabei besteht noch erheblicher Forschungsbedarf hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen neurologischen Erkrankungen und auslösenden oder verstärkenden Umweltfaktoren. Am Beispiel der Luftschadstoffe zeigt sich, dass es eindeutige Zusammenhänge zu Schlaganfällen gibt (Lee et al. 2018), während Studien zu MS überwiegend keinen signifikanten Einfluss bei Erwachsenen (Bai et al. 2018), jedoch sehr wohl bei Kindern und Jugendlichen (Lavery et al. 2018) ergeben. Große Unsicherheiten bestehen auch in Bezug auf Parkinson, ersichtlich durch die Heterogenität der Studienergebnisse mit teils signifikanter Erhöhung des Risikos aufgrund von Luftschadstoff-Exposition (Hu et al. 2018), teils mit geringen Hinweisen auf einen Zusammenhang (Kasdagli et al. 2019).

Fast alle neurologischen Erkrankungen weisen seit Jahren in Europa steigende Raten von Neuerkrankungen auf; bei den Schlaganfällen liegt die Steigerung (in Deutschland) bei derzeit 2% im Jahr. Dies sind mehr als 20 Prozent in zehn Jahren. Der Schlaganfall ist auch aus diesem Grund eine volkswirtschaftlich sehr bedeutende Erkrankung, die - auch wenn heute wesentlich besser therapierbar - doch weiterhin der derzeit wichtigste Grund für die Entstehung bleibender Behinderungen darstellt. Personen mit neurologischen Vorerkrankungen müssen zudem als eine besonders vulnerable Bevölkerungsgruppe angesehen werden, bei denen die kurzzeitige Exposition auf schädliche Umweltfaktoren besonders gravierende Einflüsse auf den Krankheitsverlauf haben kann.

Diese Tatsachen sind der Grund dafür, dass in der Forschung mit Hochdruck weltweit zu Umweltfaktoren geforscht wird, die neurologische Erkrankungen auslösen oder deren Voranschreiten verstärken. Dabei kommt nicht nur Umweltverschmutzung oder der arbeitsbedingte Kontakt mit bestimmten Chemikalien in Frage, sondern auch Ernährung, das Mikrobiom und andere externe Einflüsse wie etwa atmosphärische Prozesse und lokale Wetterverhältnisse.

Aus diesen Gründen hat sich die Klinik für Neurologie und Klinische Neurophysiologie am Augsburger Universitätsklinikum bereits sehr frühzeitig mit der Forschung im Bereich EHS befasst und schon 2015 erste gemeinsame interdisziplinäre Forschungsprojekte in Kooperation mit Umweltforschern der Universität (Institut für Geographie, WZU) gestartet, in die auch das UNIKA-T (Umweltmedizin, Epidemiologie) und das Helmholtz Zentrum München (HMGU) eingebunden sind. Unser gemeinsames Ziel ist, zu einem produktiven und wegweisenden

## Die interdisziplinäre AG Neuro-EHS

Zentrum zur Erforschung der Rolle von Umweltfaktoren bei der Entstehung und dem Verlauf von neurologischen Erkrankungen zu werden und innovative Maßnahmen der Prävention, der therapeutischen Intervention und der langfristigen Versorgung (inklusive Prävention von Rückfällen und vorzeitigem Tod) zu entwickeln.

Die AG Neuro-EHS hat bereits erfolgreich gemeinsam publiziert (Ertl et al, 2019) sowie mit der Einrichtung einer deutschlandweit einzigartigen Schlaganfallkohorte begonnen. Wir sehen das Potential für einen großen, deutschlandweit herausragenden klinischen Schwerpunkt, der für den Forschungsschwerpunkt EHS an der Universität Augsburg profilbildende Bedeutung haben kann. Insbesondere liegen einmalige Startbedingungen vor, weil die Universität Augsburg über eine hohe wissenschaftliche Expertise im Bereich Klima und Umwelt verfügt und die Neurologische Klinik des Universitätsklinikums Augsburg zu den größten in Deutschland mit großer Expertise insbesondere bei den genannten Erkrankungen mit entsprechend hohen Fallzahlen gehört. Dazu ermöglicht die epidemiologische und umweltmedizinische Expertise am UNIKA-T die umfassende Bearbeitung der drängenden Fragen zu diesen Krankheiten.

In einem ersten Projekt der Arbeitsgruppe wurde der Zusammenhang von Schlaganfällen und Wetterlagen untersucht. Dahinter stand die klinische Erfahrung, dass sich bestimmte Schlaganfälle im Jahresverlauf an manchen Tagen häufen. Da diese Häufungsphänomene vielen Schlaganfallneurologen bekannt sind, lag die Vermutung nahe, dass die Ursache Umwelteinflüsse sein könnten. Dies konnte auch belegt werden. Anhand von 17.989 untersuchten Fällen - die meisten von ihnen Neuerkrankte, aber auch Patienten mit wiederholten Schlaganfällen -

kommt die Studie zu konkreten Ergebnissen beim Zusammenhang zwischen bestimmten Wetterlagen und Schlaganfällen in der Region Augsburg. So steigt beispielsweise das Risiko für einige Schlaganfall-Subtypen bei trocken-warmen Luftmassen, wohingegen trocken-kalte Luftmassen mit einem signifikant geringeren Auftreten von Hirnblutungen verbunden waren. Das interdisziplinäre Forscherteam konnte zeigen, dass sich Wetterveränderungen auf die beiden Schlaganfall-Subtypen Hirninfarkt und Hirnblutung unterschiedlich auswirken. So bringen trockene, warme Luftmassen ein erhöhtes Risiko für bestimmte Hirninfarkttypen mit sich, die über 80 Prozent aller Schlaganfälle ausmachen, ein geringeres Risiko allerdings für Hirnblutungen. Umgekehrt ist es bei trockenen, kühlen Luftmassen: Sie befördern Hirnblutungen, ziehen aber ein selteneres Auftreten von Hirninfarkten nach sich. Auch bei feuchten Luftmassen konnte ein verringertes Auftreten von Hirninfarkten nachgewiesen werden. Die meisten bisherigen Studien untersuchten nur wenige meteorologische Parameter wie Luftdruck und Temperatur sowie den Schlaganfall ohne nähere Definition zu einem bestimmten Zeitpunkt. Hier konnte das Team deutlich weiter gehen, denn über die Berücksichtigung der lokalen meteorologischen Bedingungen hinaus beziehen die eingesetzten Luftmassenklassifikationen auch die großräumigen synoptischen Verhältnisse wie die Bodenluftdruckverteilung über Europa in die Zuordnung zu spezifischen Wetterlagen mit ein. Zudem wurde auf medizinischer Seite der sogenannte ischämische Schlaganfall, bei dem es zu einem Gefäßverschluss der hirnversorgenden Arterien kommt und der rund 85 Prozent aller Schlaganfälle ausmacht, in fünf weitere Subtypen unterteilt, um die Präzision zu erhöhen. In der Studie wurde außerdem die

## Die interdisziplinäre AG Neuro-EHS

Luftmassen-Situation zwei bis fünf Tage vor dem Schlaganfall berücksichtigt. Klassische Risikofaktoren aller untersuchten Patienten wie Bluthochdruck, Übergewicht, Diabetes, Cholesterin und Lebensgewohnheiten wurden dem Arztbrief entnommen und ebenfalls vermerkt.

Ein hervorragender Ausgangspunkt für die Studie war die herausragende Expertise in der Umwelt- und Klimaforschung. Die Klimaforscher am Institut für Geographie der Universität Augsburg sind seit vielen Jahren im Rahmen nationaler und internationaler Forschungs Kooperationen an der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen atmosphärischen Prozessen und verschiedenen Umweltparametern beteiligt. Dies verbindet sich in der AG Neuro-EHS mit hervorragender medizinischer Kompetenz und Dokumentation. So gibt es eine umfassende Datenbank von Schlaganfällen, durch die eine lückenlose Erfassung von Schlaganfallpatienten der gesamten Region erfolgt. In der Klinik für Neurologie und klinische Neurophysiologie am Universitätsklinikum Augsburg werden knapp 2.000 Schlaganfall-Patienten pro Jahr behandelt. Damit ist die Klinik für Neurologie und klinische Neurophysiologie des Universitätsklinikums Augsburg einer der größten Schlaganfall-Versorger in Deutschland. Über das Kooperationsprojekt TESAURUS sind insgesamt sieben kleinere Kliniken in der Region an das UKA angeschlossen und erhalten Support in Form von Konsilen, damit sie ihren Patienten, soweit medizinisch vertretbar, eine wohnortnahe Versorgung bieten können.

Dies führt zu einer großen Patientenzahl: Für den Untersuchungszeitraum von 2006 bis 2017 lagen etwa 18.000 Schlaganfälle vor. Nicht in der Studie berücksichtigt wurde die Schwere des jeweiligen Schlaganfalles. Bei der großen Anzahl an Studienteilnehmern musste das Forscherteam

aus Neurologen, Klima- und Umweltwissenschaftlern, Epidemiologen und Umweltmedizinern des Universitätsklinikums und der Universität Augsburg sowie des Helmholtz Zentrums München und des Augsburger Universitären Zentrums für Gesundheitswissenschaften UNIKA-T auf die beschriebenen Indikatoren fokussieren.

Beides konnte erfolgreich verbunden werden - und eröffnet die Möglichkeit einer künftig besseren Vorsorge und Versorgung. Denn Schlaganfälle sind deutschland- und weltweit eine der häufigsten Todesursachen und Ursachen für dauerhafte Pflegebedürftigkeit. Mithilfe der Studie der AG Neuro EHS soll dazu beigetragen werden, dass sowohl Patienten als auch medizinische Versorgungseinrichtungen rechtzeitig geeignete vorbeugende und behandelnde Maßnahmen treffen können. Dafür ist jedoch in Zukunft noch eine intensive weitere Forschung notwendig. Ziel ist es, die retrospektiv ausgewerteten Daten nun durch weitere prospektive Untersuchungen zu bestätigen und zu konkretisieren.

Die Hauptautoren der Studie (Ertl et al, 2019), PD Dr. Michael Ertl, Oberarzt an der Klinik für Neurologie und klinische Neurophysiologie am Universitätsklinikum Augsburg sowie PD Dr. Christoph Beck, Institut für Geographie, Universität Augsburg, wurden für die ertragreiche interdisziplinäre Kooperation im November 2019 mit dem Wissenschaftspreis der Dr. Wolfbauer-Stiftung ausgezeichnet.

# Die interdisziplinäre AG Neuro-EHS

## Literatur

- Bai, L., Burnett, R. T., Kwong, J. C., Hystad, P., van Donkelaar, A., Brook, J. R., ... & Murray, B. J. (2018). Long-term exposure to air pollution and the incidence of multiple sclerosis: A population-based cohort study. *Environmental research*, 166, 437-443.
- Ertl M, Beck C, Kühlbach B, Hartmann J, Hammel G, Straub A, Giemda E, Seubert S, Phillip A, Traidl-Hoffmann, Soentgen J, Jacobeit J, Naumann M. (2019) New insights into weather and stroke: influences of specific air masses and temperature changes on stroke incidence. *Cerebrovasc Dis*; DOI 10.1159/000501843.
- Hu, C. Y., Fang, Y., Li, F. L., Dong, B., Hua, X. G., Jiang, W., & Zhang, X. J. (2018). Association between ambient air pollution and Parkinson's disease: Systematic review and meta-analysis. *Environmental research*.
- Kasdagli, M. I., Katsouyanni, K., Dimakopoulou, K., & Samoli, E. (2019). Air pollution and Parkinson's disease: A systematic review and meta-analysis up to 2018. *International journal of hygiene and environmental health*, 222(3), 402-409.
- Lavery, A. M., Waubant, E., Casper, T. C., Roalstad, S., Candee, M., Rose, J., ... & Rodriguez, M. (2018). Urban air quality and associations with pediatric multiple sclerosis. *Annals of Clinical and Translational Neurology*, 5(10), 1146-1153.
- Lee, K. K., Miller, M. R., & Shah, A. S. (2018). Air pollution and stroke. *Journal of stroke*, 20(1), 2.

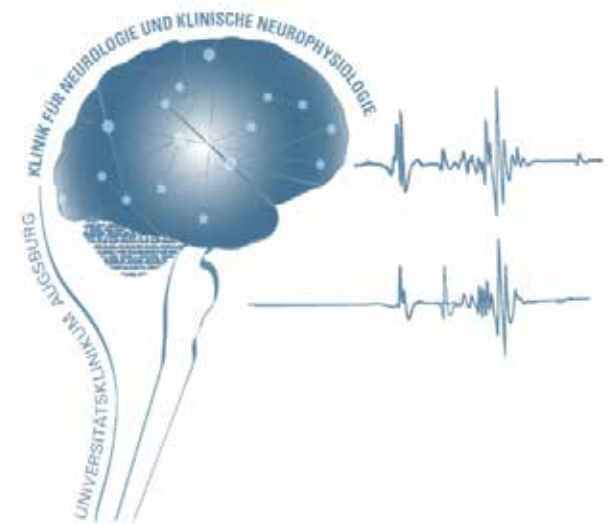


Abb. 1: Logo der Klinik für Neurologie und Klinische Neurophysiologie, Universitätsklinikum Augsburg.



# RESSOURCENSTRATEGIEN UND STOFFGESCHICHTE

- 39 Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies
- 52 Dissipation von Funktionsmaterialien
- 58 Licht und Leben, Feuer und Tod - Dialektik des Phosphors

# Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

## ANSPRECHPARTNER

- Dr. Simon Meißner  
simon.meissner@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3566

## PROJEKTLAUFZEIT

- Bis April 2019 am Lehrstuhl für Ressourcenstrategie und seit Mai 2019 am Wissenschaftszentrum Umwelt

## Worum geht es?

Die weltweit verstärkte Nachfrage nach Ressourcen aller Art führt zu vielfältigen ökologischen, sozioökonomischen, technischen und politischen Veränderungen, deren Ausmaße mittlerweile von lokalen bis hin zu globalen Dimensionen reichen. Das Wissen um die raumzeitliche Verteilung der Gewinnung, Weiterverarbeitung, Nutzung und Entsorgung von Materialien, Stoffen und Energie sowie die damit verbundenen ökologischen, ökonomischen und gesellschaftlichen Auswirkungen stellen daher eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von ganzheitlichen Lösungskonzepten und Strategien für einen zukunftsfähigen Umgang mit seltenen bzw. endlichen aber auch nachwachsenden Ressourcen dar.

Der Arbeitsbereich „Umweltorientierte Ressourcenforschung bzw. Environmental Resource Studies“ am Wissenschaftszentrum Umwelt erarbeitet und vermittelt einen systematischen Überblick über aktuelle umwelt- und ressourcenspezifische Herausforderungen, die insbesondere mit der Entwicklung und dem Einsatz von Hochtechnologien einhergehen. Neben der Verfügbarkeit entsprechen

der Ressourcen werden ebenso die Treiber eines weltweit wachsenden Rohstoffverbrauchs identifiziert. Ferner werden Möglichkeiten des Ressourcenmanagements zur Steigerung der Ressourceneffizienz und der Optimierung von Stoff- und Ressourcenströmen thematisiert und vor dem Hintergrund der internationalen Ziele einer nachhaltigen Entwicklung (Sustainable Development Goals) in Forschung und Lehre behandelt. Die daraus abgeleiteten Erkenntnisse fließen u.a. auch in Kooperationen mit Praxispartnern ein, um z.B. Ressourcen- und Nachhaltigkeitsstrategien zusammen mit Partnern aus der Wirtschaft zu erarbeiten und zu implementieren. Neben hochtechnologiespezifischen Rohstoffen werden auch erneuerbare Ressourcen aus der Land- und Forstwirtschaft hinsichtlich ihres zunehmend intensiven Einsatzes und der damit einhergehenden ökonomischen, ökologischen und sozialen Implikationen betrachtet.

## Forschungsbeispiel: Systemische Betrachtung von ökologischen Implikationen in Rohstoffketten von Technologieanwendungen

Ein besonderes Charakteristikum modernen Technologieanwendungen besteht darin, dass sich diese durch eine Vielzahl von Funktionsmaterialien und Werkstoffkomponenten auszeichnen, um beispielsweise spezifische optische, magnetische, mechanische oder thermische Eigenschaften zu erzielen, die wiederum neue Anwendungsfelder mit einer höheren Leistungsfähigkeit ermöglichen. Stellvertretend hierfür sind verbesserte Energiedichten chemischer Speichersysteme bei geringerer Batteriegröße,

## Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

höhere Rechenleistung von Computerchips bei gleichzeitiger Miniaturisierung oder höhere Lichtausbeute von Leuchtmitteln bei geringerem Stromverbrauch usw. zu nennen. So werden im Kontext der Produktion von modernen Computerplatinen bis zu 80 Elemente des Periodensystems mobilisiert

Die Herstellung von derart hochspezialisierten Funktionsmaterialien und Produkten erfordert somit die Bereitstellung eines umfangreichen Rohstoffportfolios, welches wiederum unter großem Aufwand und unter räumlich differenzierten Bedingungen bergbaulich gewonnen, raffiniert und verarbeitet werden muss. Dies gilt vor allem für seltene und teure Metalle wie etwa Gold, Platin, Indium, Gallium, Kupfer oder Lanthanide (Seltene Erden). Die Versorgung mit entsprechenden Grundrohstoffen ist aufgrund der global steigenden Nachfrage verstärkt mit Herausforderungen der Verknappung, aufkeimender Verteilungskonflikte sowie ökologischer und sozialer Missstände bei gleichzeitiger Zunahme der Komplexität globaler Lieferketten behaftet. Denn im Zuge des Imports entsprechender Halbfertigwaren oder Güter zur Implementierung technischer Innovationen in modernen Volkswirtschaften werden die Kosten für Energieaufwand und sozioökologische Implikationen nahezu vollständig in rohstoffextrahierende Entwicklungsländer oder BRIICS-Staaten mit sozialen und ökologischen Brennpunkten externalisiert. Ein klassisches Beispiel hierfür stellt die gesellschaftlich wie klima- und umweltpolitisch geforderte Transformation fossiler Energiesysteme in Industriestaaten dar, die sich durch eine technische Hochrüstung und Innovationsflut im Bereich dezentraler Energietechnologien in bisher nie gekanntem Ausmaß auszeichnet.

In diesem Zusammenhang gilt es, z.B. im Zuge der hiesi-

gen Energiewende, nicht nur die Energieerzeugung möglichst umweltfreundlich zu gestalten, sondern auch die Bereitstellung entsprechender Energietechnologien von der Rohstoffgewinnung entlang der gesamten Prozesskette bis hin zu deren Einsatz ökologisch auszurichten. Daher kommt der Erfassung von Umweltauswirkungen und deren Externalisierungstendenzen eine große Bedeutung zu, um langfristig eine verbesserte Umweltverträglichkeit zukünftiger Energiesysteme zu gewährleisten. Im Sinne einer ökologischen Kritikalitätsbetrachtung geht es somit um die Identifikation komplexer Implikationsmechanismen und deren raumzeitlicher Verortung innerhalb von Rohstoffketten.

Raumspezifische Analysen können dabei helfen, insbesondere die mit der Rohstoffbereitstellung einhergehenden Umweltrisiken, präzise zu erfassen, indem beispielsweise Methoden des Life Cycle (Impact) Assessments (LC[I]A) mit geographischen Informationssystemen (GIS) verknüpft werden. Hierbei spielen neben umweltökonomischen und ingenieurwissenschaftlichen vor allem geographische Kompetenzen eine wichtige Rolle, um bei der Analyse, Bewertung und Ausgestaltung nachhaltiger Produktions- und Rohstoffketten zu helfen. Dies soll nachfolgend anhand einer kombinierten GIS- und LCA-Analyse des Rohstoff-Wasser-Nexus am Beispiel des Metalls Kupfer näher illustriert werden.



## Erfassung externalisierter Umweltimplikationen am Beispiel des Rohstoff-Wasser-Nexus mittels GIS und LCA

Im Zeitalter der Digitalisierung, dem Ausbau erneuerbarer Energiesysteme oder der zunehmenden Etablierung alternativer Mobilitätstechnologien spielt Kupfer in komplexer werdenden technischen Anwendungen aufgrund seiner elektrischen und thermischen Eigenschaften eine zentrale und zukunftsorientierte Rolle.

Das Metall kommt in der Natur sowohl gediegen als auch in Form von Kupfererzen vor, wobei ersteres aufgrund seiner Seltenheit wirtschaftlich keine große Rolle spielt. Bergbaulich wird Kupfer überwiegend aus Chalkopyrit (Kupferkies;  $\text{CuFeS}_2$ ), Chalkosin (Kupferglanz;  $\text{Cu}_2\text{S}$ ), seltener auch aus Bornit ( $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$ ), Atacamit [ $\text{CuCl}_2 \cdot$

$\text{Cu}(\text{OH})_2$ ], Malachit und anderen Erzen gewonnen. Je nach geologischer Vergesellschaftung werden ebenfalls Molybdän, Wolfram und Gold als Begleitmetalle gewonnen. Die weltweit größten Kupfererzvorkommen existieren in Chile, Indonesien, den USA, Russland, Sambia (afrikanischer Kupfergürtel), China und Peru. Die globale Fördermenge an Reinkupfer betrug in 2018 rund 21 Mio. Tonnen (vgl. S&P 2019).

Die Erzaufbereitung ist in der Regel sehr energie- und wasserintensiv. Um von einem Erzgehalt von durchschnittlich 0,5 % auf eine industriell geforderte Reinheit von über 99,998 % Cu zu gelangen, sind je nach Förder- und Raffinationsverfahren beispielsweise zwischen 40 und etwa 100 m<sup>3</sup> Frischwasser für die Herstellung von einer Tonne hochreinem Kupfer (Kathodenkupfer) erforderlich (siehe Abbildung 1).

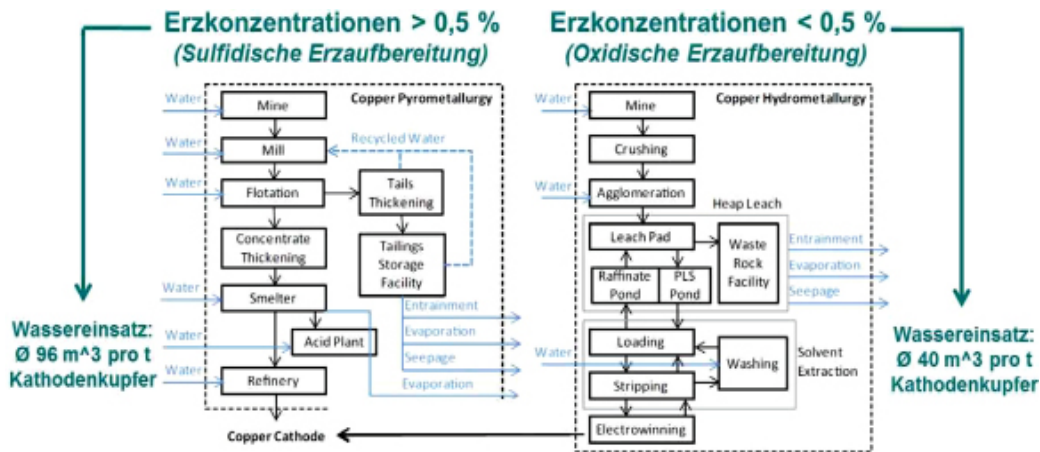


Abb. 1: Prozessflussbild zur Herstellung von Kupfer ausgehend von Kupfererz bis zur Elektrolyse zur Gewinnung von Kathodenkupfer (Reinheit > 99,99 %) (Northey et al. 2013; Wernet et al. 2016, Umweltbundesamt o.J.).

## Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

Die weltweit knapp 500 Kupfer fördernden und verarbeitenden Standorte (Bergbau, Verhüttung und Raffination) verteilen sich entsprechend der geologischen Vorkommen clusterförmig über alle Kontinente. Dementsprechend finden die Extraktions- und Raffinationsprozesse unter sehr unterschiedlichen ökologischen und insbesondere klimatischen und hydrologischen Bedingungen statt. Vor allem in Regionen mit semiariden bis teilweise hyperariden Bedingungen und gleichzeitig hohem Wasserstress stellt der Kupferbergbau oftmals ein signifikanter Eingriff in die Wasserversorgung und Wasserverfügbarkeit dar - sowohl in quantitativer als auch qualitativer Hinsicht.

Um den Beitrag des Kupferbergbaus wie auch der nachfolgenden Verarbeitungsschritte auf den Wasserverbrauch sowie damit einhergehende potenzielle Wasserkonflikte sowohl in ökologischer als auch in sozioökonomischer Art zu erfassen, werden in den bisherigen Kritikalitätsstudien aus Gründen der einfachen Handhabbarkeit und Aktualisierbarkeit lediglich die landesdurchschnittlichen Wasserfußabdrücke des Kupferbergbaus mit einem landesdurchschnittlichen Wasser-Stress-Index (WSI) korreliert, ohne jedoch explizit auf die standortindividuellen Prozessbedingungen sowie regionalen und naturraumspezifischen Besonderheiten eines jeweiligen hydrologischen Einzugsgebietes näher einzugehen.

Somit ergeben sich zahlreiche Möglichkeiten zur Optimierung hinsichtlich einer raumspezifisch präziseren Analyse wasserspezifischer Herausforderungen infolge der Kupfergewinnung.

Unter Zuhilfenahme von GIS und LCA-Daten bzgl. des Wassereinsatzes in der Kupferproduktion können nun sehr viel präzisere Aussagen über die Auswirkungen des Wasserverbrauchs der Kupferindustrie getätigt werden, in

dem folgende ergänzende Informationen und Analysefaktoren bei der Betrachtung hinzugezogen werden:

- Erhöhte Lagegenauigkeit der Produktionsstandorte von Kupfererzen, deren Konzentrate und Reinforme;
- Verbesserte Kenntnis über und differenziertere Betrachtung individueller Produktionsverfahren und -mengen sowie deren Wasserverbrauch auf der Grundlage neuester LCA-Studien und Umweltberichten der Bergbaustätten und Raffineriebetreiber;
- Erhöhte Prozessgenauigkeit und Raumauflösung in Bezug auf kleinräumige hydrologische Einzugsgebiete (Major- und Subbasin-Ebene), die zudem hinsichtlich des Wasserverbrauchs jahreszeitlich aufgelöst werden können.

Dies ermöglicht genauere Aussagen auf Implikationsebene durch die Verknüpfung von hydrologischen und sozioökonomischen Indikatoren der jeweiligen Regionen, z.B. unter Zuhilfenahme des Wasser-Stress-Index auf kleinräumlicher Subbasin-Ebene nach Gassert et al. (2014). Ferner können durch die Korrelation mit Klimamodellen Vorhersagen zur zukünftig zu erwartenden Wasserverfügbarkeit in den entsprechenden Kupfer verarbeitenden Regionen abgeleitet werden, die wiederum potenzielle Herausforderungen im Umgang mit Wasser ableiten lassen (siehe Abbildung 2). Dies gilt sowohl für die rohstofffördernden Akteure als auch für das entsprechende sozioökonomische und ökologische Umfeld.

# Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

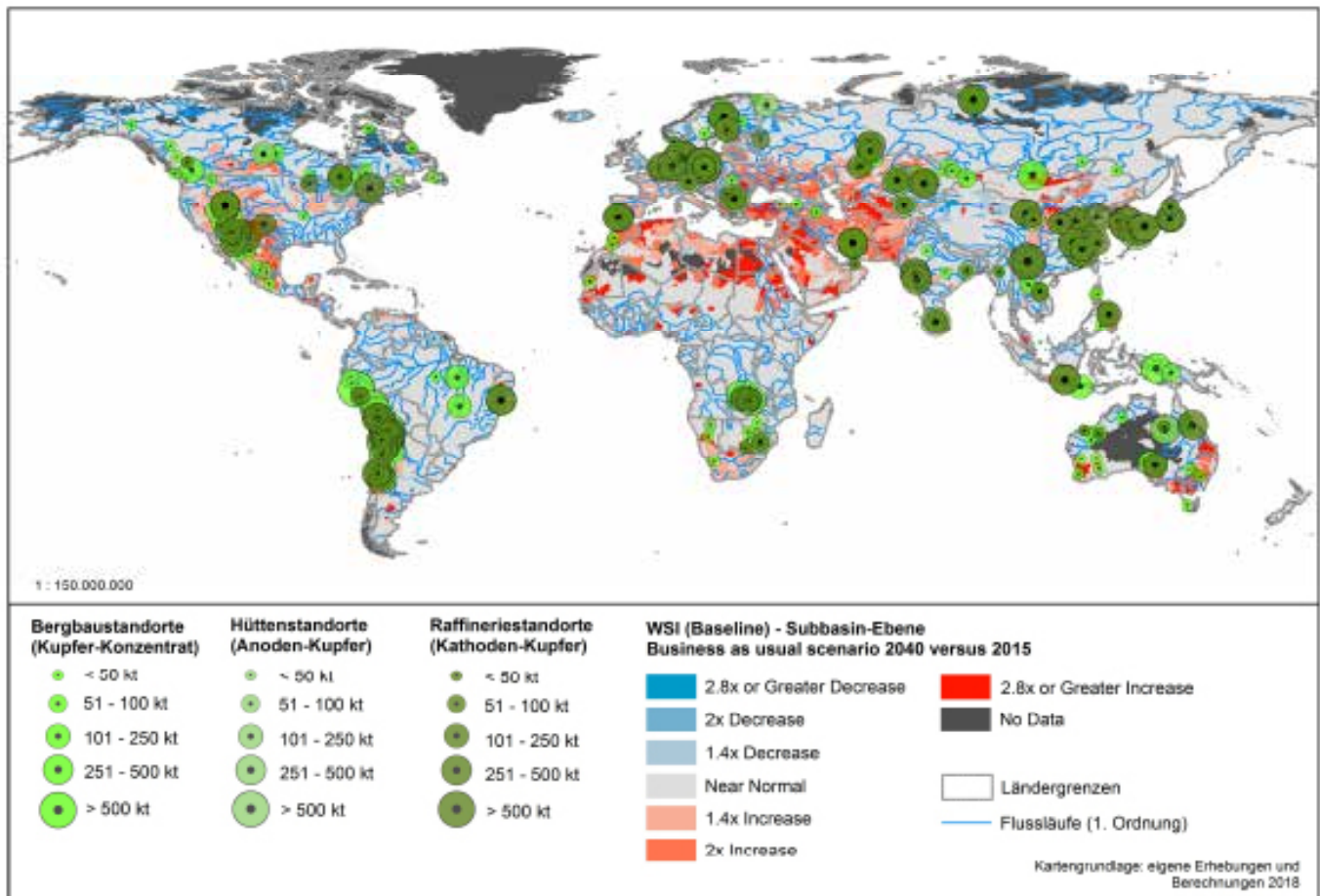


Abb. 2: Kupferverarbeitungsstandorte unter Berücksichtigung der Änderung des Wasser-Stress-Index (WSI) bis 2040 im IPCC-Klimaszenario RPC 8.5 (business as usual) auf Subbasin-Ebene (eigene Darstellung nach SeP o.J., Gassert et al. 2014, Luck et al. 2015).

## Erhöhte Präzision und Aussagekraft durch geographische Analysemethoden

Entgegen der bisherigen Vorgehensweise, bei der administrative Bezugsräume in Form von Ländern verwendet werden, ermöglichen die naturräumlich gewählten Bezugsräume auf hydrologischer Subbasin-Ebene eine deutlich präzisere Darstellung der wasserspezifischen Bedeutung der Kupferproduktion (siehe Abbildung 3).

Produktionsstandorte mit geringerer Jahresproduktionsmenge (hier Kupferkonzentrate mit ~ 30 % Cu) verteilen sich im Gegensatz zur Länderbetrachtung sehr viel gleichmäßiger auf Wasser-Stress-Kategorien - tendenziell mit Neigung zu einem durchschnittlich geringerem Wasserstress. Demgegenüber lassen sich Produktionsstandorte mit größerem Kupferausstoß tendenziell eher in Regionen mit höherem Wasserstress verorten. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die gewählte Methodik eine Präzisionssteigerung bei ca. 80 % der berücksichtigten Standorte gegenüber der bisherigen Vorgehensweise ermöglicht, was

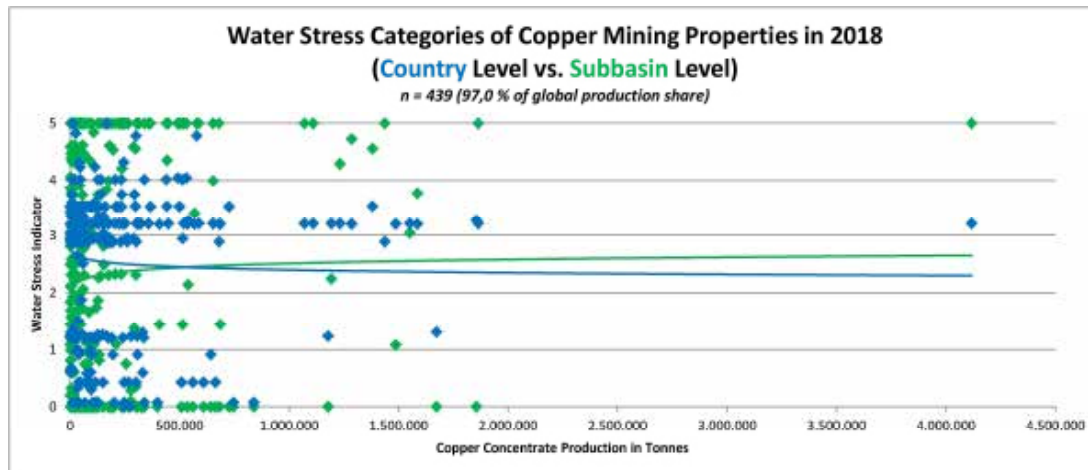


Abb. 3: Vergleich der Zuordnung der Kupferproduktionsstandorte zu Wasser-Stress-Kategorien zwischen allgemeiner Betrachtung auf Länderebene (blau) und detaillierter, naturräumlicher Betrachtung auf hydrologischer Subbasin-Ebene (grün) (eigene Darstellung); 1 = geringer Wasserstress <10% Wassernutzung, 5 = extrem hoher Wasserstress >80% Wassernutzung.

# Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

wiederum 75 % der global produzierten Kupfermenge entspricht.

Unter Berücksichtigung der Produktionsmengen in Form von Konzentraten kann zudem festgestellt werden, dass unter der bisher üblichen Länderbetrachtung 55,6 % der globalen Kupferproduktion unter hohen Wasserstressbedingungen stattfindet. Demgegenüber steht eine signifikant entschärfte Bewertung durch eine naturräumlich orientierte Betrachtung auf Subbasin-Ebene

(siehe Abbildung 4), da sich hierdurch ein wesentlich höherer Produktionsanteil als bisher (34,7 %) Regionen mit geringem Wasserstress oder ariden Regionen mit geringer Wassernutzung (29,9 %) und dementsprechend geringem Konfliktpotenzial zuordnen lässt.

Ferner kann attestiert werden, dass sich die Wasserstressbewertung unter Berücksichtigung eines IPCC-Klimaszenarios nach RCP 8.5 (business as usual scenario) bis 2040 tendenziell verschlechtern wird (siehe Abbildung 5).

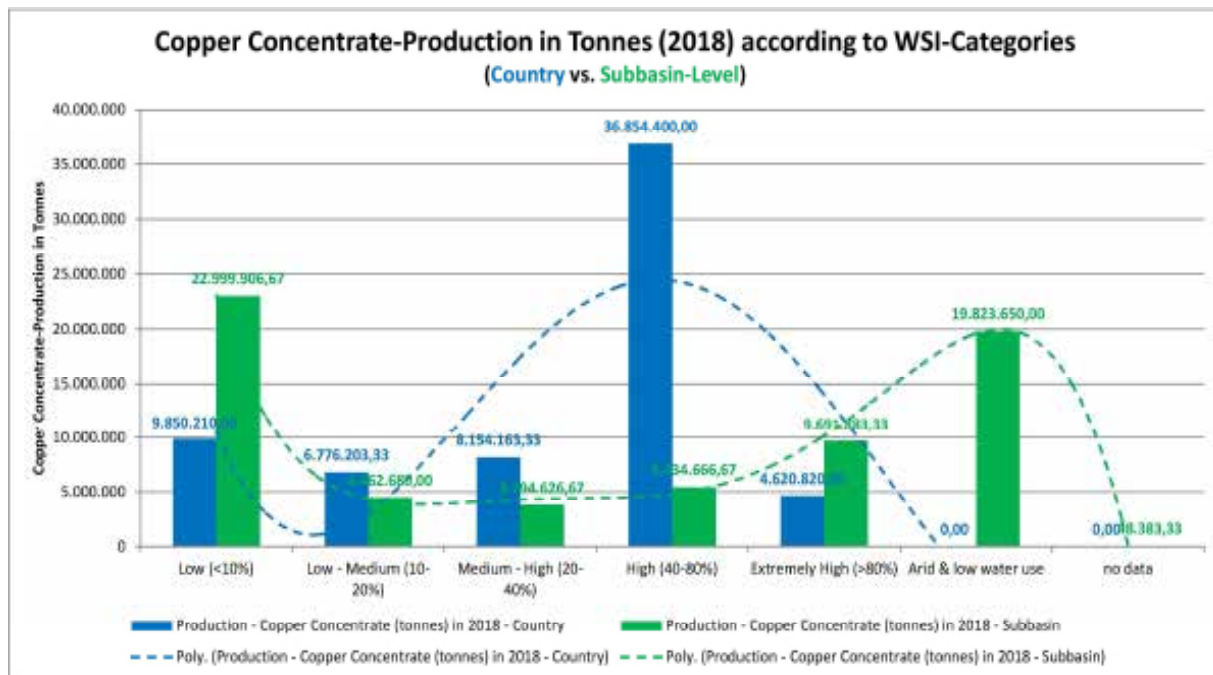


Abb. 4: Vergleichende der Zuordnung der globalen Kupferproduktionsmengen zu Wasser-Stress-Kategorien zwischen allgemeiner Betrachtung auf Länderebene (blau) und detaillierter, naturräumlicher Betrachtung auf hydrologischer Subbasin-Ebene (grün) (eigene Darstellung).

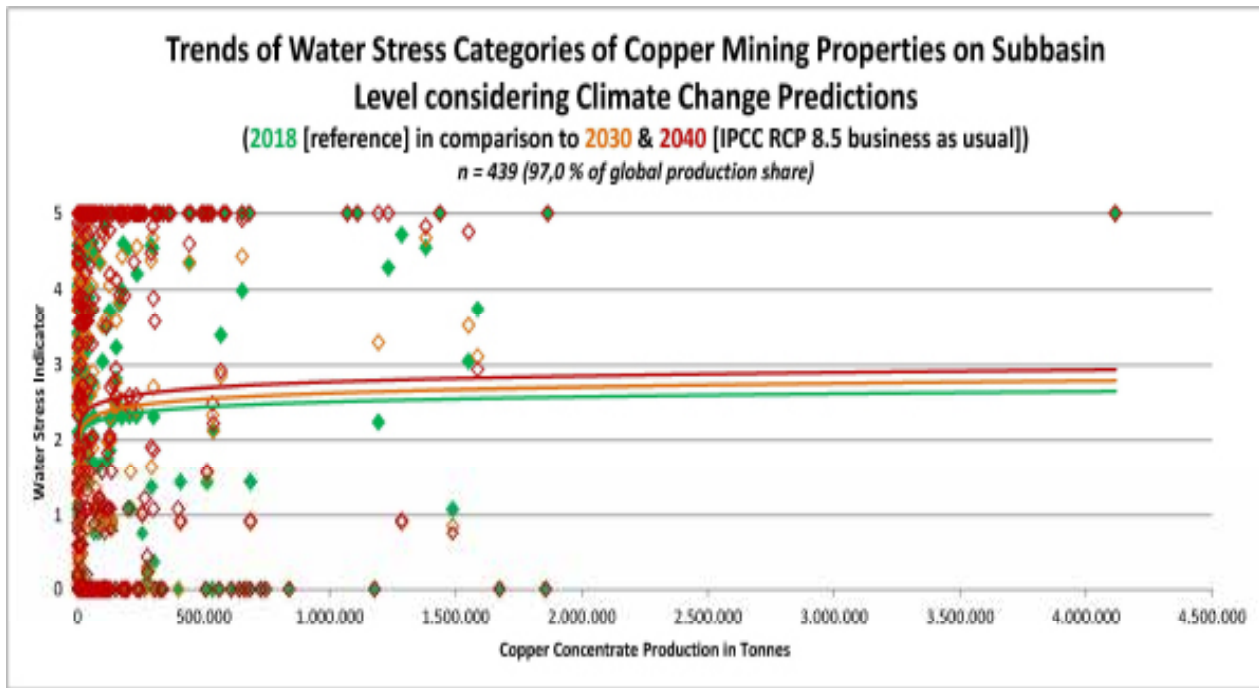


Abb. 5: Veränderung der Zuordnung der Produktionsstandorte zu Wasserstress-Kategorien unter Berücksichtigung von IPCC-Klimaszenario RCP8.5/SSP2 (eigene Darstellung).

Dies bedeutet einerseits, dass sich die Wasserversorgung der Kupferproduktionsstandorte zukünftig aufwändiger gestalten wird und andererseits ein potenziell höheres Risiko an Wasserkonflikten bzw. ein höherer ökologischer Stress im Umfeld der Produktionsstandorte zu erwarten sein wird.

Bei einer Detailuntersuchung ausgewählter hydrologischer Einzugsgebiete, wie am Beispiel des Great Lake Basins (USA), zeigt sich der Einfluss auf den Wasserver-

brauch einzelner rohstoffabbauender und raffinierender Standorte auf das gesamte Umfeld (siehe Abbildungen 6 und 7). So befinden sich die Bingham Copper Mine und die Garfield Refinery inkl. Hüttenwerk westlich bzw. nord-östlich von Salt Lake City inmitten einer extrem von Wasserstress geprägten Metropolregion (mit 7,8 Mio. Einwohnern und einer Nutzung > 80% des verfügbaren blauen Wasseranteils). Die drei Produktionsstandorte für Kupfer (inkl. Molybdän und Gold) zeichnen sich jährlich für ca.



# Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

26 % des US-amerikanischen Kupferabbaus verantwortlich und benötigen während der Wintermonate circa 20 % des regional benötigten Wasseranteils, wohingegen dieser Anteil im Laufe der Sommermonate aufgrund der intensiven Bewässerungsaktivitäten in der Landwirtschaft auf nur noch 2 % zurückgeht. Im südlich gelegenen Colorado Basin zeigt sich ein ähnlicher hydrologischer Zeitver-

lauf, wobei in dieser Region 61 % der US-amerikanischen Kupferproduktion durch 19 Bergbau, 2 Hütten und 9 Raffineriestandorte bewerkstelligt werden. Die Kombination von LCA mit maßstabsgerechten GIS-Systemen erlaubt somit eine räumlich und zeitlich deutlich präzisere Analyse und Aussage über die wasser-spezifischen Rahmenbedingungen, unter denen die Roh-

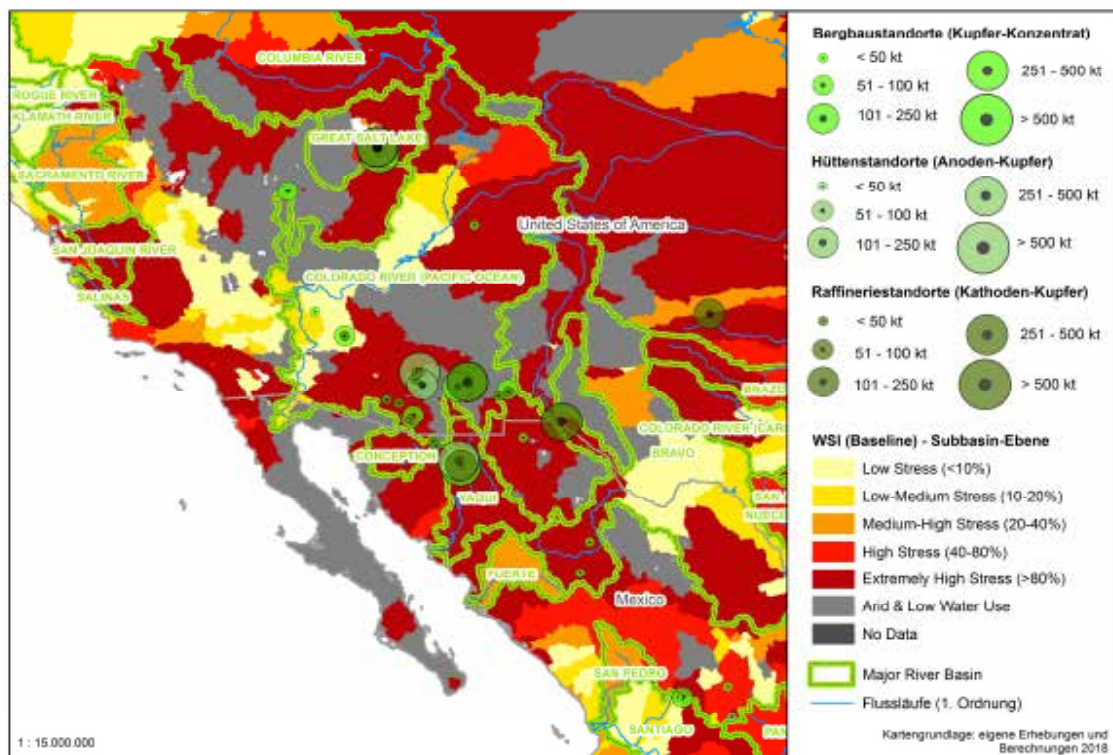


Abb. 6: Kupferverarbeitungsstandorte unter Berücksichtigung des Wasser-Stress-Index (WSI) auf Subbasin-Ebene - Region Südwest-USA, Nordwest-Mexiko (eigene Darstellung nach S&P o.J., Gassert et al. 2014, Luck et al. 2015).

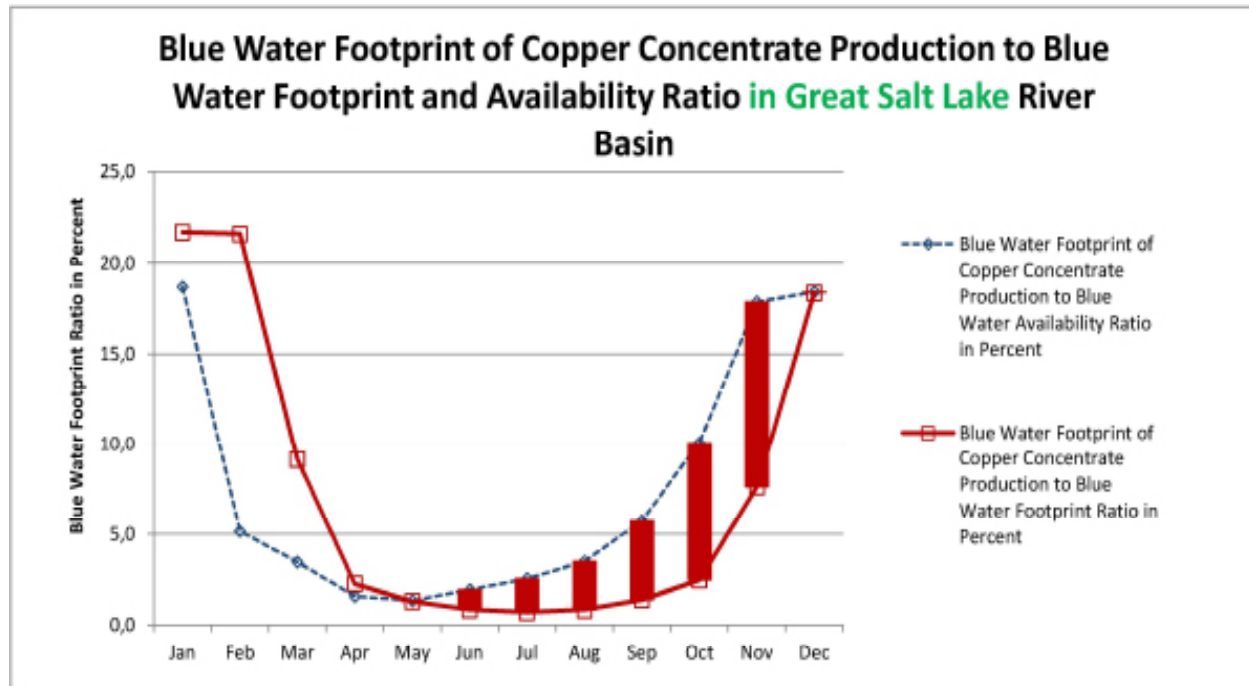


Abb. 7: Jahresverlauf des Wasserverbrauchs für die Metallproduktion im Great Salt Lake Einzugsgebiet im prozentualen Verhältnis zur Wasserverfügbarkeit und zum Gesamtwasserverbrauch (eigene Darstellung nach Hoekstra und Mekonnen 2011).

stoffgewinnung weltweit stattfindet. Mit diesen Informationen lassen sich somit die hydrologischen Umstände, unter denen Rohstoffgewinnungs- und Produktionsketten stattfinden, weitaus sicherer einschätzen, als dies mit den standardisierten Verfahren bislang der Fall ist. Gleichwohl kann diese quantitative Vorgehensweise keine detaillierten Analysen vor Ort ersetzen, die im Zweifelsfall

durch qualitative Untersuchungen zu den jeweiligen Einzelstandorten zu ergänzen wären. Zudem ist diese Vorgehensweise jederzeit durch weitere ökologische wie auch sozioökonomische Indikatoren zu erweitern, um die Rohstoffgewinnung und ihre Implikationen ganzheitlicher zu erfassen.



# Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

## Lehraktivitäten im Bereich der Umweltorientierten Ressourcenforschung

Die Inhalte einer umweltorientierten Ressourcenforschung bilden einen wesentlichen Schwerpunkt in der universitären Lehre zum Thema nachhaltige Ressourcenstrategien. Hierzu werden aktuell im Semesterturnus Vorlesungen, Seminare und Exkursionen mit inhaltlichen Schwerpunkten zu Ressourceneffizienz und -strategien im Zusammenhang mit Funktionsmaterialien, Produktionsketten und Zukunftstechnologien, insbesondere von Energietechnologien, sowie zu den Themengebieten „Ressourcengeographie“, „Stoffgeschichten“ und „Kritikalitätsbewertungen“ angeboten. Sämtliche Lehrveranstaltungen thematisieren theoretische und praktische Fragestellungen mit ressourcenstrategischem Hintergrund und beleuchten diese sowohl aus fachlicher wie aus auch inter- und transdisziplinärer Perspektive. Einführende Vorlesungen bilden das inhaltliche Fundament und können durch Begleitseminare thematisch vertieft werden. Darüber hinaus werden methodenorientierte Seminare angeboten, in welchen aktuelle Verfahren der Kritikalitätsanalyse und -bewertung zur Identifikation von „kritischen“ Momenten im Umgang mit stofflichen und energetischen Ressourcen erlernt und praktiziert werden können.

Das Lehrangebot erstreckt sich über verschiedene Module in den Bachelorstudiengängen Geographie und Wirtschaftsingenieurwesen sowie die Masterstudiengänge Geographie, Klima- und Umweltwissenschaften sowie Umweltethik.

Dies betrifft folgende Veranstaltungen, die im Semesterturnus angeboten und durch weitere Seminare und Übungen

gen mit Unterstützung von Lehraufträgen vertieft werden können:

- Vorlesung „Einführung in die Ressourcengeographie“
- Vorlesung „Einführung in die nachhaltige Ressourcenstrategie“
- Seminar/Übung „Kritikalitätsbewertung für strategische Rohstoffe“
- Seminar „Ressourcenspezifische Herausforderungen im Energie- und Gesundheitswesen“
- Seminar „Ressourcenbedarf der Deutschen Energiewende“
- Seminar „Umgang mit knappen Ressourcen“
- Seminar „Geopolitik und Ressourcenkonflikte“
- Seminar „Urbane Ressourcen- und Stoffströme“
- Seminar „Ressourcen- und Umweltspezifischer Produktpass – Life-Cycle-Analysis“

Die Forschungs- und Lehraktivitäten werden zudem durch Qualifizierungsarbeiten aus unterschiedlichen Fachrichtungen flankiert, die oftmals in Zusammenarbeit mit der Wirtschaft oder Behörden durchgeführt werden. Exemplarische Master- und Bachelorarbeiten im Jahr 2019 waren u.a.:

- Treibhausgasemissionen global agierender Unternehmen - Berechnung und Analyse am Beispiel der Uniwheels Gruppe (Masterarbeit von Matthias Häußler).
- Die Bedeutung der digitalen Vernetzung bei der Ausgestaltung zukunftsfähiger Lieferketten – Potenziale und Herausforderungen am Beispiel ausgewählter Branchen (Masterarbeit von Lukas Ritzler).

# Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

- Die Bedeutung geographisch-zeitlicher Einflussfaktoren auf die Kritikalitätsanalyse von „bottled water“ (Masterarbeit von Johannes Zobel).
- Aufbau einer nachhaltigen Wertschöpfungskette für den Import eines in Nicaragua gerösteten Kaffees – Fallstudie am Beispiel der Kooperative Tonanzintlalli (Masterarbeit von Thomas Müller).
- Nachhaltigkeit im Brauwesen: Identifikation, Planung und Umsetzung geeigneter Aspekte von Nachhaltigkeit am Beispiel einer Mikrobrauerei (Masterarbeit von Christopher Detke).
- Entwicklung von THG-Emissionen in Abhängigkeit ausgewählter Onshore-Windkraftentwicklungsszenarien in Deutschland bis 2030 (Bachelorarbeit von Qendresa Makolli).
- Vergleichende Umweltbilanzierung von Papier- und Plastiktragetaschen entlang ihrer Lebenszyklen (Bachelorarbeit von Lina Keefer).
- Die ökoefiziente Optimierung von Beschneiungsanlagen in den Alpen (Bachelorarbeit von Tobias Mangold.)
- Global Runoff Data Centre (GRDC) (2007): Major River Basins of the World / Global Runoff Data Centre. Koblenz, Germany: Federal Institute of Hydrology (BfG).
- Graedel, T.E., Barr, R., Chandler, Ch., Chase, T., Choi, J., Christofferson, L., Friedlander, E., Henly, C., Jun, C., Nassar, N.T., Schechner, D., Warren, S. Yang, M., and Zhu, C. (2012): Methodology of Metal Criticality Determination, Environmental Science & Technology, 2012, 46, 2. S. 1063-1070.
- Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M. (Hg.) (2011): Global Water Scarcity. The Monthly Blue Water Footprint Compared to Blue Water Availability for the World's Major River Basins. Val. Water Res. No. 53.
- Luck, M., Landis, M., F. Gassert, F. (2015): Aqueduct Water Stress Projections: Decadal Projections of Water Supply and Demand Using CMIP5 GCMs. Technical Note. Washington, D.C.: World Resources Institute, <http://wri.org/publication/aqueduct-water-stress-projections>.
- Meißner, S. (2017): Globale Rohstoffumbrüche erfordern Umdenken, Umweltdialog – Wirtschaft, Verantwortung, Nachhaltigkeit. Globale Risiken managen. Nr. 7/ Mai 2017. Münster. S. 28 - 33.
- Northey, S.; Haque, N. and Mudd, G. (2013): Using sustainability reporting to assess the environmental footprint of copper mining, Journal of Cleaner Production 40 (2013). S. 118 – 128.
- S&P Global Market Intelligence (2019): SNL Metals and Mining Database. (o.J.)
- Umweltbundesamt (UBS): Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagementsysteme (PROBAS), <http://www.probas.umweltbundesamt.de>.

## Literatur

- Achzet, B., Zepf, V., Meißner, S., Reller, A. (2010): Strategien für einen verantwortlichen Umgang mit Metallen und deren Ressourcen, Chemie Ingenieur Technik 11, S. 1919 - 1924.
- Gassert, F., Luck, M., Landis, M. Reig, P., and Shiao, T. (2014): Aqueduct Global Maps 2.1: Constructing Decision-Relevant Global Water Risk Indicators. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute, <http://www.wri.org/publication/aqueduct-globalmaps-21-indicators>.

## Umweltorientierte Ressourcenforschung - Environmental Resource Studies

- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B. (2016): The ecoinvent database version 3 (part I): Overview and Methodology, *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1(9), S. 1218 – 1230, <http://link.springer.com/10.1007/s11367-016-1087-8>.

# Dissipation von Funktionsmaterialien

## PROJEKTTEAM

- M. Sc. Thomas Kippes  
thomas.kippes@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3566
- Prof. Dr. Armin Reller  
armin.reller@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3000

## PROJEKTPARTNER

- Technische Universität Clausthal
- Folkwang Universität der Künste
- Universität Augsburg

## FÖRDERUNG

- Umweltbundesamt (UBA) FKZ 3717 31 106 0

## PROJEKTLAUFZEIT

- Juli 2018 – März 2021

## Worum geht es?

Im Rahmen des Ressortforschungsplans 2017 „Globalvorhaben Promotionskolleg, Strukturierung und interdisziplinäre Vernetzung neuer Promotionsvorhaben im Rahmen einer Forschungsstruktur“ richtete das Umweltbundesamt erstmalig ein Promotionscluster zum Thema „Nexus Ressourcenschonung und Klimaschutz“ ein. Hierbei werden bis 2021 insgesamt drei Promotionsthemen an der Universität Augsburg, der TU Clausthal sowie der Folkwang Universität der Künste finanziert, um sowohl inhaltliche Synergien zwischen Ressourcen- und Klima-

schutz als auch ein erfolgreiches Zusammenwirken beider Politik- und Handlungsfelder zu fördern.

Das an der Universität Augsburg zu bearbeitende Thema befasst sich mit der Dissipation von Funktionsmaterialien im Allgemeinen und Metallen im Besonderen. Der Terminus Dissipation ist primär aus der Thermodynamik bekannt und benennt irreversible Vorgänge, die durch Zerstreuung eine gegebene Zustandsform in eine andere überführen. Bezogen auf stoffliche Dissipation wurden in der Vergangenheit verschiedene Definitionen verwendet, um dissipative Verluste zu beschreiben und zu quantifizieren. Als stoffliche Dissipation wird der beabsichtigte oder unbeabsichtigte Verlust von Material und insbesondere von Metallen bezeichnet (Lifset et al. 2012), der zu so geringen Konzentrationen im Empfangsmedium führt, dass eine Verwertung technisch oder wirtschaftlich nicht möglich ist (Zimmermann and Gößling-Reisemann 2013). Abschätzungen für dissipative Verluste, meist auf der Grundlage von Materialflussanalysen (MFA), sind selten, wurden aber in jüngster Vergangenheit zunehmend vorgenommen (Thorenz & Reller 2011; Lifset et al. 2012; Ciacci et al. 2015). Bis auf wenige Ausnahmen konzentrierten sich die bisherigen Arbeiten eher auf wirtschaftliche Aspekte und die Suche nach zukünftigen Recyclingpotenzialen. Ökologische Auswirkungen haben bisher nur in Einzelfällen eine Rolle gespielt. Ciacci et al. (2015) betonen jedoch ergänzend zu den bisherigen Betrachtungsansätzen vor allem die Bedeutung der Umweltaspekte und verstehen Dissipation als den materiellen Übergang von der Anthroposphäre in die Biosphäre, so dass eine zukünftige Wiederverwendung schwierig oder unmöglich wird. Ein ökologischer Gesichtspunkt, d.h. die Betrachtung der Dissipation nicht nur als materiellen Verlust aus der

# Dissipation von Funktionsmaterialien

Wertschöpfungskette, sondern auch als potenziell riskanten stofflichen Eintrag in die Umwelt, wird bislang somit kaum diskutiert. Daher ist es wichtig, quantitative und qualitative Aspekte in all ihren Formen, wie disziplinäre und methodische Arbeitsweisen mit spezifischen inhaltlichen Sachverhalten interdisziplinär zu kombinieren, um konkrete Aussagen zur ökologischen Relevanz von Dissipation und deren Risiken ableiten zu können.

## Zielsetzung und Methoden

Ziel dieses Promotionsvorhabens ist eine Bestandsaufnahme und kritische Bewertung ausgewählter strategischer Metalle bzw. Technologien hinsichtlich ihrer Dissipationsspektren. Die Aktualität dieses Themas resultiert aus dem sich kontinuierlich beschleunigenden Auf- und Ausbau der Technosphäre, wodurch immer mehr Metalle benötigt und demzufolge mobilisiert werden. Durch den zunehmenden Einsatz von strategisch wichtigen Rohstoffen und Funktionsmaterialien, sowie durch Miniaturisierungsprozesse und konsumgesellschaftlich geprägte Nutzungsweisen moderner Technologien, gehen viele der Metalle in Folge von Dissipationseffekten aus dem anthropogenen Wertschöpfungs-system verloren. Nicht selten sind sie zudem infolge ihrer potentiellen oder realen Bioaktivität risikobehaftet. Dissipation tritt dabei in allen Bereichen des Lebenszyklus eines Produktes oder Materials auf, angefangen bei der Erzförderung aus Minen über die Verarbeitung und Produktion bis hin zur Nutzung und unterschiedlichen Entsorgungspfaden.

Aus ressourcenstrategischer Sicht spielen, mit Blick auf die erwähnte Kombination quantitativer und qualitativer Aspekte, dementsprechend viele Faktoren und Prozesse

eine Rolle, etwa auf funktionaler Ebene die chemische Form. Dissipation ist nach diesem Verständnis weniger als Stoffverlust zu werten, also ein Austreten von Material aus einem nicht geschlossenen Wertschöpfungs- bzw. Kreislaufsystem in die Umwelt, was eine Wiedernutzung oftmals erheblich erschwert. Vielmehr ist Dissipation in einem umfassenderen Blickwinkel zu betrachten, in dem sich prozessbedingt über alle Transportpfade Materialströme aus der Geosphäre in die Technosphäre und letztlich ein dissipativer Stoffeintrag in die Biosphäre - und somit ein Übergang aus anthropogenen in biogeochemische Stoffströme - mit unterschiedlichen Wirkspektren ergeben (vgl. Abbildung 1).

Die Methoden zur Beschreibung dissipativer Verluste basieren bislang hauptsächlich auf Materialflussanalysen (MFA), die vornehmlich in den Wirtschaftswissenschaften und mittlerweile zunehmend auch in der „Industrial Ecology“ gebräuchlich sind. Diese methodische Herangehensweise mit Blick auf „stoffliche Verluste“ ist jedoch nicht ausreichend für eine umfassende Untersuchung des Dissipationsphänomens. Aufgrund der engen Systemgrenzen werden Materialpfade hauptsächlich innerhalb der in der Technosphäre verankerten Wertschöpfungskette betrachtet. Dies erklärt den bisherigen Fokus auf die wirtschaftlichen Auswirkungen. Übergänge aus dem System in die Biosphäre werden nur als materielle Verluste angesehen. MFA ist daher eine geeignete Methode, um die Austrittspfade aus der Wertschöpfungskette zu beschreiben und zu quantifizieren. Für eine ganzheitlichere Betrachtung der Materialdissipation muss der Fokus jedoch auf das gesamte Spektrum der Umweltauswirkungen ausgedehnt werden.

Eine tiefgehende Analyse und Bearbeitung des Themas

## Dissipation von Funktionsmaterialien

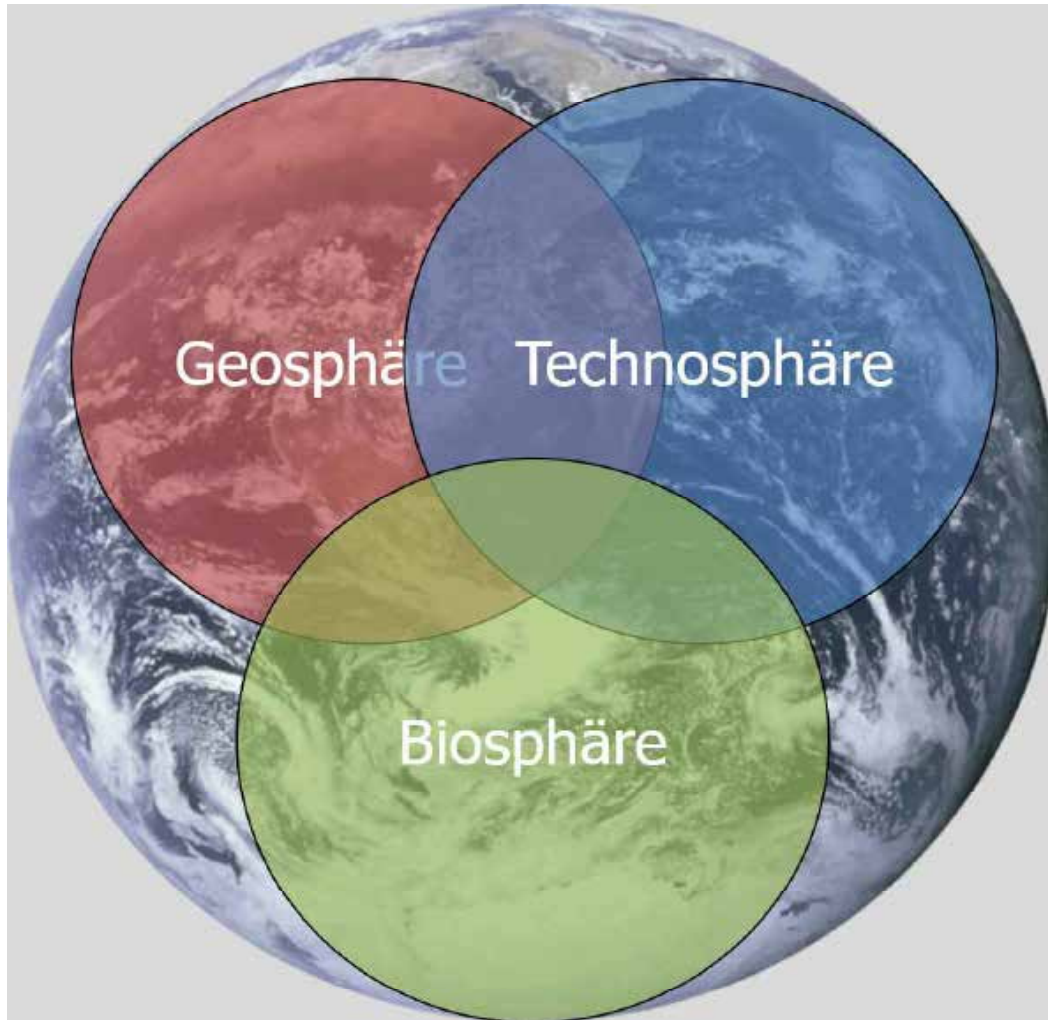


Abb. 1: Ansatz einer ganzheitlichen Betrachtung von dissipativen Wirkungspfadern durch Geo-, Techno- und Biosphäre.

# Dissipation von Funktionsmaterialien

Dissipation erfolgt im Rahmen des Promotionsprojektes anhand von Fallbeispielen. Hier kann und soll induktives, qualitatives Vorgehen nach Möglichkeit quantitativ untermauert werden.

## Durchführung und Ergebnisse

Exemplarisch kann das Fallbeispiel Gadolinium (Gd) angeführt werden, ein Metall aus der Elementgruppe der Seltenen Erden. Im Gegensatz zu anderen, bekannteren Elementen aus dieser Gruppe, wie etwa Neodym, sind rohstoffbezogene Untersuchungen zu diesem Metall bisher kaum vorhanden. Mehr als 2/3 der globalen Förderung von Gadolinium fließen in die Produktion von Neodym-Magneten (Goonan 2011). Ein deutlich geringerer Anteil entfällt auf die Verwendung als Kontrastmittel im Gesundheitswesen. Dabei werden  $Gd^{3+}$ -Ionen aufgrund ihrer starken paramagnetischen Eigenschaft als Bestandteil von Kontrastmitteln im Rahmen der Magnetresonanztomographie (MRT) eingesetzt. Allerdings weist das natürlich vorkommende  $Gd^{3+}$  eine hohe Toxizität auf, weshalb eine chemische Modifikation zum Chelat-Komplex vorgenommen werden muss. Diese „Verpackung“ soll eine weitestgehend sichere Anwendung in Kontrastmitteln ermöglichen.

Größere Aufmerksamkeit in den Umweltwissenschaften erlangte Gd erstmals Mitte der 90er Jahre, als auffällig hohe Konzentrationen in stadtnahen deutschen Flüssen gemessen wurden (Bau & Dulski 1996). Seitdem konnten auch weltweit erhöhte Messwerte in Flüssen, Grundwasser und sogar Trinkwasser nachgewiesen werden, so etwa in Japan, Australien und USA (Lawrence et al. 2009; Hatje et al. 2016). Das intravenös injizierte Gd-haltige, hydro-

phile Kontrastmittel wird mit einer Halbwertszeit von 1-2 Stunden über die Nieren wieder ausgeschieden. Eine mengenmäßig relevante Abscheidung in Klärwerken ist bisher nicht möglich (Verplanck et al. 2010). Somit weist der Verteilungspfad von Gadolinium aus der Technosphäre in die Biosphäre eine charakteristische Dissipationsstruktur auf. In nur wenigen Minen weltweit, hauptsächlich in China und vereinzelt in Australien, werden die entsprechenden Erze gewonnen. Die größte räumliche Konzentration findet sich in den wenigen Raffinerien, welche die einzelnen Elemente voneinander trennen und aufbereiten. Ab diesem Prozesspunkt beginnt eine stetig feinteiliger werdende Allokation, bis zur völligen Dissipation in der Umwelt, wodurch ein Recycling nahezu ausgeschlossen ist.

Im Zuge des Projekts wurde eine globale Materialflussanalyse von Gadolinium mit dem Ziel durchgeführt, die Stoffflüsse eines einzelnen Seltenerdelements durch das technosphärische System mit einem besonderen Blick auf die dissipativen Verlustwege zu quantifizieren. Die verschiedenen Lebenszyklusphasen sind der Erzabbau und die Verarbeitung, die Raffination, die (Halbteil-) Herstellung, die Herstellung, die Fabrikation, die Verwendung und die End-of-Life-Pfade. Da Gadolinium ein Element aus der Gruppe der Seltenen Erden (SE) ist, sind die Prozessschritte denen aller SE sehr ähnlich.

Der Fokus liegt hierbei auf den systemischen Sackgassen, die sich aus den Materialflüssen durch die Technosphäre ergeben. Ein Recycling von Gadolinium findet nicht statt, daher werden am Ende 100 % des verwendeten Metalls verbraucht, also dissipiert. Insgesamt können drei Dissipationspfade unterschieden werden. Der erste betrifft Rückstände und Schlacken, die während der Extraktions- und Verarbeitungsphase entstehen. Zweitens landen er-



# Dissipation von Funktionsmaterialien

hebliche Mengen in anderen Stoffströmen, die sich aus einer unzureichenden Abfallbehandlung und einem nicht vorhandenen Recycling ergeben, was zu weiteren Herausforderungen wie dem Downcycling, also der stofflichen Verunreinigung von Rezyklat, führen kann. Drittens wird Gd über die Nutzungsphase direkt an die Umwelt abgegeben, wie das Beispiel der Kontrastmittel zeigt.

Wie hier in aller Kürze aufgezeigt, weist der dissipative Verlust von Gadolinium ein breites Spektrum an Problemen und Herausforderungen auf. Auf der einen Seite steht der endgültige ökonomische Verlust eines endlichen Rohstoffs aus dem Wertschöpfungs-system. Dies ist insofern von Bedeutung, da sich bei den Seltenerdmetallen seit einigen Jahren aufgrund der Marktstellung Chinas kritische Versorgungsaspekte ergeben haben.

Auf der anderen Seite stehen die ökologischen Risiken. Das Metall reichert sich, auch mit Blick auf eine weltweite Zunahme von MRT-Anwendungen, immer weiter in der Umwelt an. Lediglich die künstliche Chelat-Komplexierung verhindert ökotoxikologische Implikationen. Mögliche Langzeitwirkungen sind aufgrund fehlender Studien bisher jedoch nicht absehbar.

Im Jahr 2017 haben sich zudem gesundheitliche Implikationen ergeben. Auf der Grundlage eines Durchführungsbeschlusses der Europäischen Kommission (C/2017/7941) wurde entschieden, dass sogenannten linearen Gd-haltigen Kontrastmitteln zum 28.02.2018 die Zulassung entzogen wird. Im Gegensatz zu stabileren makrozyklischen Verbindungen haben Studien ergeben, dass sich dabei geringe Mengen im Gehirn ablagern. Zwar wurden bisher keine Schädigungen der Patienten festgestellt. Aufgrund der jedoch unbekannt langfristigen Risiken ruhen die Zulassungen dieser Medikamente vorerst (EMA/625317/2017).

## Ausblick

Speziell die Geographie eignet sich aufgrund ihrer transdisziplinären Ausrichtung mit einem Schwerpunkt auf ressourcenspezifischen, raumwirksamen Prozessen im Mensch-Umwelt-System für die Betrachtung dieser komplexen Thematik. Zum einen sollen potenzielle Dissipationspfade und -medien zwischen und innerhalb der Geo-, Bio- und Technosphäre anhand mehrerer Elemente oder Stoffverbindungen identifiziert und eingehend analysiert werden. Zusätzlich stellt sich die Frage, inwiefern Dissipation als Gradmesser im Kontext der Kritikalitätsdebatte gesehen werden kann, da bei dieser Thematik sowohl ökonomische als auch ökologische Aspekte von Funktionsstoffen von entscheidender Bedeutung sind.

## Literatur

- Bau, M., Dulski, P. (1996): Anthropogenic origin of positive gadolinium anomalies in river waters, *Earth and Planetary Science Letters*, 143 (1–4), S. 245–255.
- Ciacci, L., Reck, B.K., Nassar, N.T., Graedel, T.E. (2015): Lost by Design, *Environmental Science & Technology* 49(16), S. 9443–9451.
- Eckelman, M. J.; Graedel, T. E. (2007): Silver emissions and their environmental impacts: A multilevel assessment, *Environ. Sci. Technol.* 41 (17), S. 6283–6289.
- EMA – European Medicines Agency (2017): EMA/625317/2017 [https://www.ema.europa.eu/documents/referral/gadolinium-article-31-referral-emas-final-opinion-confirms-restrictions-use-linear-gadolinium-agents\\_de.pdf](https://www.ema.europa.eu/documents/referral/gadolinium-article-31-referral-emas-final-opinion-confirms-restrictions-use-linear-gadolinium-agents_de.pdf).



- Europäische Kommission (2017): Durchführungsbeschluss der Kommission vom 23.11.2017 betreffend die Zulassungen von Gadolinium enthaltenden Kontrastmitteln für die Verwendung beim Menschen mit einem oder mehreren der Wirkstoffe „Gadobensäure, Gadobutrol, Gadodiamid, Gadopentetsäure, Gadoter-säure, Gadoteridol, Gadoversetamid und Gadoxetsäure“ gemäß Artikel 31 der Richtlinie 2001/83/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, C/2017/7941, [https://ec.europa.eu/health/documents/community-register/2017/20171123138717/dec\\_138717\\_de.pdf](https://ec.europa.eu/health/documents/community-register/2017/20171123138717/dec_138717_de.pdf).
- Goonan, T.G. (2011): Rare earth elements—End use and recyclability, U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2011–5094, <https://pubs.usgs.gov/sir/2011/5094/pdf/sir2011-5094.pdf>.
- Hatje, V., Bruland, K.W., Flegal, A.R. (2016): Increases in Anthropogenic Gadolinium Anomalies and Rare Earth Element Concentrations in San Francisco Bay over a 20 Year Record, *Environmental Science & Technology* 2016 50 (8), S. 4159-4168.
- Lawrence, M.G.; Ort, C.; Keller, J. (2009): Detection of anthropogenic gadolinium in treated wastewater in South East Queensland, Australia, *Water research* 43 (14), S. 3534–3540.
- Licht, C.; Peiró, L.; Villalba, G. (2015): Global Substance Flow Analysis of Gallium, Germanium, and Indium. Quantification of Extraction, Uses, and Dissipative Losses within their Anthropogenic Cycles, *Journal of Industrial Ecology* 19 (5), S. 890–903.
- Lifset, R. J.; Eckelman, M. J.; Harper, E. M.; Hausfather, Z.; Urbina, G. (2012): Metal lost and found: dissipative uses and releases of copper in the United States 1975-2000, *Science of the Total Environment* 417-418, S. 138–147.
- Mao, J. S.; Cao, J.; Graedel, T. E. (2009): Losses to the environment from the multilevel cycle of anthropogenic lead, *Environmental pollution* (Barking, Essex : 1987) 157 (10), S. 2670–2677.
- NASA 2015: Earth Polychromatic Imaging Camera (EPIC) Earth Image. <https://www.nasa.gov/image-feature/nasa-captures-epic-earth-image>.
- Pongrácz, E. (2014): Critical materials: Recycling vs. dissipative losses - The case of Indium. *Proceedings SUM 2014, Second Symposium on Urban Mining. Bergamo, Italy, 5/19/2014*.
- S&P Global Market Intelligence (2019a): Bayan Obo Property Profile.
- S&P Global Market Intelligence (2019b): Mount Weld Property Profile.
- Thorenz, A.; Reller, A. (2011): Discussion of risks of platinum resources based on a function orientated criticality assessment - shown by cytostatic drugs and automotive catalytic converters. *Environ Sci Eur* 23 (1), S. 26.
- Verplanck, P.L., Furlong, E.T., Gray, J.L., Phillips, P.J., Wolf, R.E., Esposito, K. (2010): Evaluating the Behavior of Gadolinium and Other Rare Earth Elements through Large Metropolitan Sewage Treatment Plants, *Environmental Science & Technology* 44(10), S. 3876–3882.
- Zimmermann, T., Gößling-Reisemann, S. (2013): Critical materials and dissipative losses: A screening study, *Science of The Total Environment* 461–462, S. 774–780.

# Licht und Leben, Feuer und Tod - Dialektik des Phosphors

## PROJEKTTEAM

- Prof. Dr. Stefan Emeis  
stefan.emeis@kit.edu  
Tel.: 08821 183 240
- Prof. Dr. Kerstin Schlögl-Flierl  
kerstin.schloegl-flierl@kthf.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 -2636

## PROJEKTLAUFZEIT

- 2018 – 2021

## Worum geht es?

Phosphor ist ein vielschichtiger Stoff, der - wie manche andere Stoffe auch (so ist beispielsweise Stickstoff in Düngemitteln genauso notwendig wie in vielen Sprengstoffen, Sauerstoff ist zur Atmung genauso notwendig wie zur Bildung von Säuren, Kohlenstoff ist die Grundlage aller Organik aber als Kohlensäuregas befördert es den Treibhauseffekt und bedroht unser gewohntes Leben) - sehr unterschiedliche Eigenschaften und Wirkungen haben kann. Entdeckt wurde er als leuchtende Substanz (Verwendung als Leuchtmittel, Reagenz in Streichholzköpfchen). Damals bezeichnete Phosphor ursprünglich eine ganze Klasse von Stoffen, die unter bestimmten Umständen des Leuchten fähig ist, nicht nur das chemische Element, das wir heute kennen. Noch heute bezeichnet Phosphoreszenz eine Eigenschaft, zu der das chemische Element Phosphor selbst gar nicht fähig ist. Die Biochemie fand heraus, dass entscheidende Energieträger in den Lebewesen Phosphorverbindungen sind (ADP, ATP, der Mensch setzt täglich einige Gramm Phosphor um und braucht es

unter anderem zum Aufbau seiner Knochen). Auch die Pflanzen brauchen Phosphor, weswegen Düngemittel Phosphorverbindungen enthalten. Leben ist ohne Phosphor kaum möglich. Isaac Asimov schrieb 1975: „Life can multiply until all the phosphorus is gone and then there is an inexorable halt which nothing can prevent.“ Aber nicht nur der Mangel von Phosphor ist tödlich. Bestimmte Modifikationen des Phosphors sind entzündlich (siehe die schon erwähnten Streichhölzchen) und brandgefährlich, weswegen die Substanz in Phosphor-Brandbomben Verwendung fand. Daher rührende Reste finden sich gelegentlich an den Stränden der Ostsee und deren äußerliche Ähnlichkeit mit Bernstein führt gelegentlich zu Brandverletzungen bei unvorsichtigen Sammlern. Auch einige Pflanzenschutzmittel und tödliche Kampfgase enthalten Phosphorverbindungen. Immer wieder liegen die lebensbringenden und die lebensvernichtenden Eigenschaften und Wirkungen des Phosphors dicht beieinander. Bei einer interdisziplinären Tagung am Wissenschaftszentrum Umwelt am 10./11.3.2020 werden die unterschiedlichen Aspekte des Phosphors, insbesondere auch seine ökologische Bedeutung genauer untersucht und dargestellt werden.



Abb. 1: Lucifer ist die lat. Übersetzung von Phosphor.



## LOKALE UMWELTEN

- 60 Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa
- 69 Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg

# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

## PROJEKTTEAM

- Dr. Markus Homann  
markus.homann@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: +49 (0) 821 598 2650
- M.Sc. Selina Thanheiser  
selina.thanheiser@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: +49 (0) 821 598 – 2655
- Prof. Dr. Jucundus Jacobeit  
jucundus.jacobeit@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: +49 (0) 821 598 - 2670
- PD Dr. Christoph Beck  
christoph.beck@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: +49 (0) 821 598 - 2129
- PD Dr. Andreas Philipp  
a.philipp@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: +49 (0) 821 598 – 2266
- Sabina Hüttinger  
sabina.huettinger@outlook.de
- Dr. Klaus Haslinger  
klaus.haslinger@zamg.ac.at  
Tel.: +43(0)1 36026 2236
- Dr. Michael Hofstätter  
michael.hofstaetter@zamg.ac.at  
Tel.: +43(0)1 36026 2203
- Annemarie Lexer  
annemarie.lexer@zamg.ac.at  
Tel.: +43(0)1 36026 2203
- Dr. Mag. Christoph Matulla  
christoph.matulla@zamg.ac.at  
Tel.: +43(0)1 36026 2217

- Mag. Georg Pistotnik  
georg.pistotnik@zamg.ac.at  
Tel.: +43(0)1 36026 2203
- Prof. Dr. Günther Blöschl  
blöschl@hydro.tuwien.ac.at.  
Tel.: +43(0)1 58801 22315
- Dipl.-Ing. Dr. techn. Jürgen Komma  
komma@hydro.tuwien.ac.at  
Tel.: +43 (0)1 58801 223160
- Ing. Dr. techn. José Salinas  
salinas@hydro.tuwien.ac.at  
+43 (0)1 58801 22312

## PROJEKTPARTNER

- Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik  
Wien
- Technische Universität Wien

## FÖRDERUNG

- Bayerisches Landesamt für Umwelt
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz
- Bundesanstalt für Gewässerkunde
- Bundesministerium Nachhaltigkeit und Tourismus (Österreich)

## PROJEKTLAUFZEIT

- Juni 2018 - Juni 2021

# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

## Worum geht es?

Das Forschungsprojekt WETRAX+ ist die Weiterführung des deutsch-österreichischen Projektes WETRAX (Weather Patterns, CycloneTracks and related precipitation Extremes - „Auswirkungen des Klimawandels auf großflächige Starkniederschläge in Süddeutschland und Österreich“), das sich von 2012 bis 2015 mit der Klimawandelanalyse von Wetterlagen und Zugbahnen beschäftigt hat, welche vor allem für die Entstehung von Hochwasserereignissen in mittleren und großen Flussgebieten von Bedeutung sind.

WETRAX+ soll nun im Zeitraum von 2018 bis 2021 einen wichtigen Beitrag zur Vertiefung des Wissens über hydrometeorologische Zusammenhänge und damit für das staatliche Management von meteorologisch-hydrologischen Extremereignissen liefern. Erstmals sollen lokale Extremereignisse, die zu Sturzfluten führen, einbezogen (Jacobeit et al. 2018) und neben starken Niederschlagsereignissen auch Trockenperioden berücksichtigt werden. Das Untersuchungsgebiet liegt im südlichen Mitteleuropa und umfasst Teile Deutschlands, Österreichs, der Schweiz und Tschechiens.

Der Augsburger Forschungsschwerpunkt in WETRAX+ konzentriert sich insbesondere auf verschiedene Wetterlagen- bzw. Zirkulationstypklassifikationen sowie die Untersuchung der Eigenschaften von atmosphärischen Zirkulationsmustern, die für Extremereignisse wie Starkniederschläge und Trockenperioden relevant sind.

## Zielsetzung und Methoden

Das Ziel von Zirkulationstypklassifikationen ist es, eine Vielzahl singulärer Ausprägungsformen, wie zum Beispiel die täglichen Luftdruckverhältnisse über Mitteleuropa, zu einer komprimierten Anzahl von Klassen zu verdichten (Homann 2017). Diese Zirkulationstypen werden genutzt, um die Veränderung von großräumigen Starkniederschlägen und Trockenperioden im Klimawandel zu untersuchen. Das zentrale Verfahren zur Abschätzung künftiger Extremereignisse basiert auf der Übertragung rezenter Zirkulationstypen auf Zirkulationsdaten szenariobasierter Modellsimulationen (Hofstätter et al. 2015).

Mit der Software aus der COST Action 733 (Harmonisation and Applications of Weather Type Classifications for European Regions) werden großräumige atmosphärische Zirkulationstypen abgeleitet (Philipp et al. 2016). Bereits im Vorläufer-WETRAX-Projekt fand eine systematische Auswertung der Abbildungsleistungen unterschiedlicher Klassifizierungskataloge der COST-Software auf den Starkniederschlag statt. Hierbei stellte sich die SANDRA Methode (Simulated Annealing and Diversified Randomization nach Philipp et al. 2007), die der Familie der nicht-hierarchischen Clusteranalysen zuzuordnen ist, als anderen Methoden überlegen bezüglich der Stratifikation von Niederschlag heraus. Mit dieser Methode können zudem weitere, über die Zirkulationsfelder hinausgehende Parameter (z.B. Feuchtefelder) miteinbezogen werden, was einen deutlichen Vorteil hinsichtlich der Abschätzungsqualität bietet und zur Auswahl dieser Methode für alle weiteren Untersuchungen geführt hat. Eine mittlere Anzahl von 18 Klassen verhindert, dass durch zu geringe Klassenstärken Spezialfälle in einer Klasse dominieren, die in den Klimamodellen nicht abgebildet werden können.

# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

Für die Klassifikationen werden atmosphärische Variablenfelder aus gegitterten täglichen JRA55-Reanalysedaten (JMA - Japanische Meteorologische Agentur 2018) und aus gegitterten, täglichen Niederschlagsdaten (ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik 2018) für den Zeitraum 1961-2015 verwendet. Von der ZAMG stehen zudem Daten über Zyklonenzugbahnen im Untersuchungsgebiet zur Verfügung. Alle Eingangsgrößen werden im Klassifikationsprozess spezifisch gewichtet.

Die Abbildungsleistung der Zirkulationstypklassifikation in Bezug auf den Niederschlag wird mit dem dichotomen Gütemaß Brier-Skill-Score (BSS) überprüft. „Starke Gebietsniederschläge“ sind als tägliche Niederschläge jenseits des 95%-Perzentsils 1961-2015 definiert. Zur Vermeidung der ausschließlichen Berücksichtigung von Vb-Wetterlagen sollen im WETRAX+ Projekt auch Niederschläge über dem 75%-, 80%-, 85% und 90%- Perzentil analysiert werden.

Da beim entgegengesetzten Extrem nicht nur einzelne Trockentage untersucht werden sollen, sondern v.a. andauernde Trockenperioden, wird Trockenheit als Perzentilwertunterschreitung des langjährigen Niederschlagsmittels bezogen auf den Zeitraum 1961 bis 2015 definiert und ebenfalls mithilfe des BSS überprüft.

Die jeweils identifizierten Zirkulationstypen werden anschließend hinsichtlich ihrer Persistenz untersucht. Das bedeutet, es wird ermittelt, wie viele Tage hintereinander ein bestimmter Zirkulationstyp auftritt. Es geht dabei darum, langanhaltende synoptische Situationen zu erfassen, weshalb Typen, welche lokal zu ähnlichen Verhältnissen führen, zusammengefasst betrachtet werden, womit vergangene Extremereignisse zirkulationsbasiert identifiziert werden können (Richardson et al. 2018).

## Durchführung und Ergebnisse

In einem ersten Schritt findet die Niederschlagsregionalisierung des Untersuchungsgebietes mittels s-modaler Hauptkomponentenanalyse (s-PCA) statt, um Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität zu identifizieren. Im Untersuchungsgebiet resultieren sechs derartige Regionen. Diese lassen sich jeweils durch eine gewichtet gemittelte Niederschlagszeitreihe charakterisieren, wobei als Gewichte die Korrelationen zwischen den Hauptkomponenten bzw. Regionen und den zugehörigen Gitterboxen fungieren.

In den letzten Monaten wurden im WETRAX+ Projekt optimierte Zirkulationstypklassifikationen sowohl für den Starkniederschlag als auch für die Trockenheit entwickelt.

## Starkniederschlag

Die aus dem Vorläufer-WETRAX hervorgegangene, auf die Zielgröße des Niederschlags konditionierte Klassifikation wurde in WETRAX+ um die Kovariante Zyklonenzugbahnen erweitert. Die Bestimmung dieser Cyclone Tracks erfolgte durch die Detektion lokaler Minima des MSLP Luftdruckfeldes (Hofstätter 2015). Die Zugbahnen werden dabei durch zehn voneinander abgegrenzte Sektoren definiert. Die Daten zu den Zyklonenzugbahnen gingen in Form des täglichen Druckminimums für den Zeitraum 1961 bis 2015 in die Zirkulationstypklassifikation ein. Die Niederschlagsdaten gehen auf Basis der Regionalisierung in Form von sechs täglich aufgelösten Niederschlagszeitreihen (gewichtetes Mittel aller Gitterboxen einer Region ähnlicher Niederschlagsvariabilität) in die Klassifikation ein. Hinsichtlich der atmosphärischen Variablen aus den Reanalysedaten ergibt sich eine Kombination aus middle-

# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

rem Meeresspiegelluftdruck (hPa), Vertikalgeschwindigkeit (hPa/h) im 700 hPa Niveau und relativer Luftfeuchte (%) im 700 hPa Niveau als jene mit der besten Abbildungsleistung für den Starkniederschlag.

## Trockenheit

Für die Zirkulationstypklassifikation hinsichtlich von Trockenperioden wurde unter den verfügbaren atmosphärischen Variablen der Reanalysedaten zunächst nach der besten Kombination und Gewichtung gesucht, da hier nicht auf eine bereits bestehende Klassifikation aus dem Vorgängerprojekt zurückgegriffen werden konnte. Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine Kombination der atmosphärischen Variablen mittlerer Meeresspiegelluftdruck (hPa), relative Luftfeuchtigkeit (%), zonale Windkomponente (m/s), meridionale Windkomponente (m/s), letztere im 700 hPa Niveau, und Lufttemperatur in 2 m Höhe (K) zur besten Abbildungsleistung der Klassifikation führt.

Tabelle 1 a-b gibt Auskunft über die Kombination und Gewichtung der atmosphärischen Variablen der beiden finalen Klassifikationen sowie über deren Abbildungsleistung in Form des BSS (Spannweite über die Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität).

Die starkniederschlags- bzw. trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen werden anhand der relativen Häufigkeiten der Zirkulationstypstage über dem 95. Perzentil für den Starkniederschlag bzw. unter dem 20. Perzentil für die Trockenheit identifiziert. Sind mehr als 20 % der Auftrittstage eines Zirkulationstypen oberhalb des 95. Perzentils bzw. unterhalb des 20. Perzentils, so gilt ein Zirkulationstyp als starkniederschlags- bzw. trockenheitsrelevant.

In Abbildung 1a und 1b werden die Luftdruckkonfigurationen [hPa] sowie der mittlere tägliche Niederschlag [mm] der starkniederschlagsrelevanten Zirkulationstypen dargestellt. Es handelt sich überwiegend um gemischte Zirkulationsformen, wobei insbesondere Typ 5 ein Cut-Off-Low andeutet. Die mittlere tägliche Niederschlagssumme dieser Typen liegt regional bei bis zu 60 mm.

In Abbildung 1c werden entsprechend die Luftdruckkonfigurationen [hPa] sowie die Boxplots des Niederschlags [mm] (Mittelwert aller Gitterboxen aller Tage) des jeweiligen Zirkulationstyps der trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen dargestellt. Bei Typ 1 und Typ 14 handelt es sich um ein dominantes Hoch über Zentral-Ost-Europa. Typ 2 zeigt einen Hochdruckkeil vom Azorenhoch Richtung Zentral-Ost-Europa, Typ 4 eine schwach antizyklonale Südwest-Lage. Das tägliche Niederschlagsmittel liegt bei den trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen bei maximal 5 mm

Aus den beiden Zirkulationsklassifikationen sind also nun Zirkulationstypen identifiziert worden, die einerseits für starke Niederschläge und andererseits für Trockenheit im Untersuchungsgebiet verantwortlich sind. Mit diesen Typen ist es möglich, vergangene und auch künftige Extremereignisse zu erkennen. Denn wenn aufeinanderfolgende Tage ausfindig gemacht werden können, an denen ausschließlich entweder trockenheits- oder starkniederschlagsrelevante Zirkulationstypen vorkommen, so ist davon auszugehen, dass es sich um eine Periode mit starken Niederschlägen bzw. um eine Periode langanhaltender Trockenheit handelt. Das Wissen darüber, wie sich vergangene Extremereignisse zirkulationsdynamisch zusammensetzen, kann dabei helfen, sie auch in der Zukunft erkennen zu können.



## Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

Starkniederschlag					
Luftdruck auf Meeresniveau [hPa]	Vertikalgeschwindigkeit [hPa/h]	Relative Feuchte [%]	Niederschlag [mm]	Zyklonenzugbahn n [hPa]	Brier Skill Score (1961-2015)
	700 hPa	700 hPa			
1	5	5	10	2	0.36 – 0.63

*Tabelle 1a: Kombination und Gewichtung der atmosphärischen Variablen der finalen WETRAX+ Klassifikationen hinsichtlich von Starkniederschlag sowie Brier-Skill-Score Spannweite über die Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität.*

Trockenperioden						
Luftdruck auf Meeresniveau [hPa]	Relative Feuchte [%]	U-Wind Komponente [m/s]	V-Wind Komponente [m/s]	Temperatur [K]	Niederschlag [mm]	Brier-Skill-Score (1961-2015)
	700 hPa	700 hPa	700 hPa	2 m		
1	2	1	1	3	18	0.41 – 0.72

*Tabelle 1b: Kombination und Gewichtung der atmosphärischen Variablen der finalen WETRAX+ Klassifikationen hinsichtlich von Trockenperioden sowie Brier-Skill-Score Spannweite über die Regionen ähnlicher Niederschlagsvariabilität.*



# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

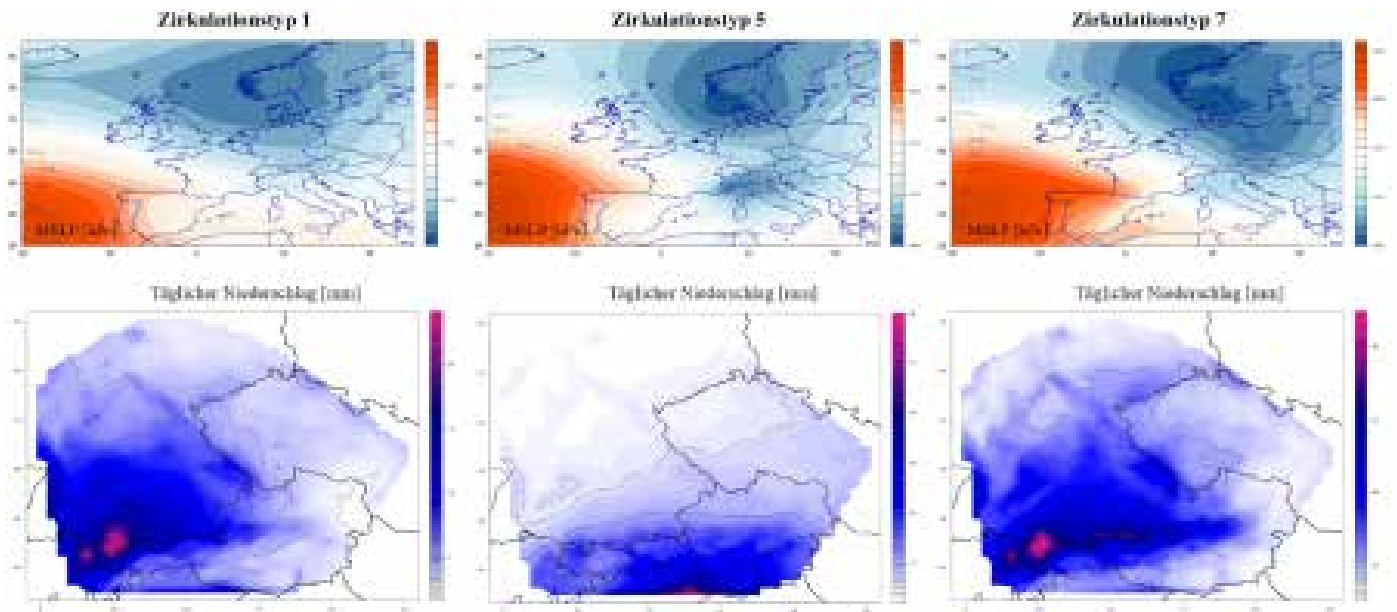


Abb. 1a: Mittlere Luftdruckfelder auf Meeresniveau der starkniederschlagsrelevanten Zirkulationstypen [hPa] 1, 5, 7, 9, 14, 16 mit zugehörigem mittlerem Tagesniederschlag [mm].

# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

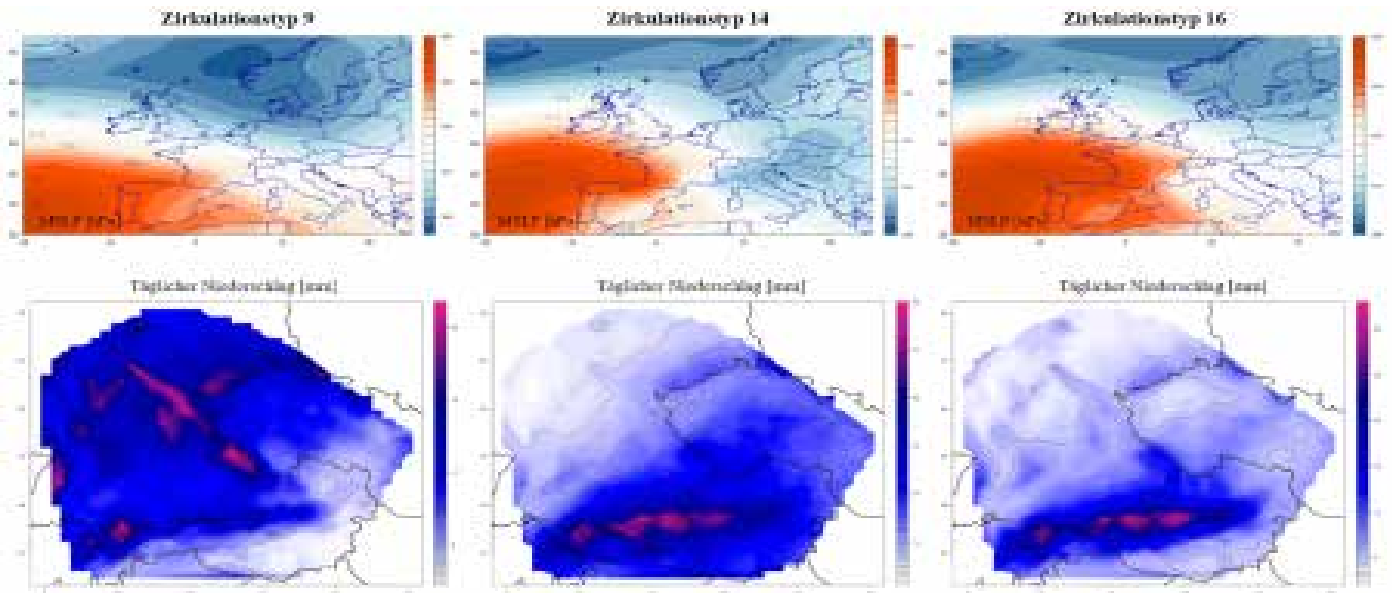


Abb. 1b: Mittlere Luftdruckfelder auf Meeresniveau der starkniederschlagsrelevanten Zirkulationstypen [hPa] 1, 5, 7, 9, 14, 16 mit zugehörigem mittlerem Tagesniederschlag [mm].

# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

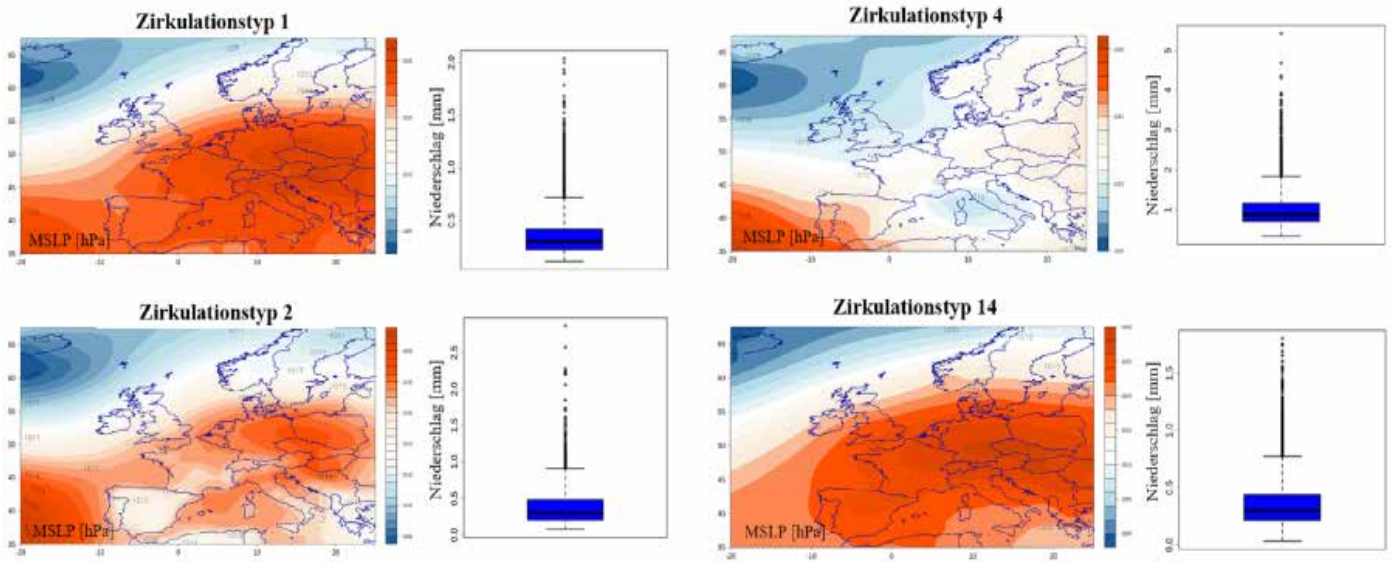


Abb. 1c: Mittlere Luftdruckfelder auf Meeresniveau der trockenheitsrelevanten Zirkulationstypen [hPa] 1, 2, 4, 14 mit zugehörigen Boxplots des täglichen Niederschlags (Mittelwert aller Gitterboxen aller Tage) [mm].

# Ableitung von starkniederschlags- und trockenheitsrelevanten atmosphärischen Zirkulationsmustern für das südliche Mitteleuropa

## Literatur

- Hofstätter, M. (2015): Die „Vb“ Zugbahn, Bulletin Österreichische Gesellschaft für Meteorologie [Hrsg.] 2 (15), S. 21-28.
- Hofstätter, M., Jacobeit, J., Homann, M., Lexer, A., Chirmani, B., Philipp, A., Beck, C., Ganekind, M. (2015): Wetrax: Weather Patterns, Cyclone Tracks and Related Precipitation Extremes, Manuskripte Geographica Augustana (19), S. 1-240.
- Homann, M. (2017): Auswirkungen des Klimawandels auf atmosphärische Zirkulationstyphäufigkeiten und starke Gebietsniederschläge im südlichen Mitteleuropa. Dissertation an der Fakultät für Angewandte Informatik der Universität Augsburg, S. 1-129.
- Jacobeit, J., Blöschl G., Komma, J., Stahl, N., Hofstätter, M., Haslinger, K., Pistotnik, G. (2018): WETRAX+: Welche Wetterlagen führen zu Sturzfluten? Forum für Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 40 (18), S. 5-10.
- JMA - Japanische Meteorologische Agentur (2018): JRA55 Reanalyse Variablen 1958-2017, <https://rda.ucar.edu/>.
- Philipp, A., Beck, C., Huth, R., Jacobeit, J. (2016): Development and Comparison of Circulation Type Classifications Using the COST 733 Dataset and Software. International Journal of Climatology 36, S. 2673–2691.
- Philipp, A., Della-Marta, P. M., Jacobeit, J., Fereday, D. R., Jones, P. D., Moberg, A., Wanner, H. (2007): Long Term Variability of Daily North Atlantic-European Pressure Patterns Since 1850 Classified by Simulated Annealing Clustering. Journal of Climate, 20 (16), S. 4065-4095.
- Richardson, D., Kilsby, C., G., Fowler H., J., Bárdossy, A. (2018): Weekly to Multi-Month Persistence in Sets of Daily Weather Patterns over Europe and the North Atlantic Ocean, International Journal of Climatology 39 (4), S. 1-16.
- ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (2018): Klimaübersichten, Oberösterreich, <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch>.

# Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg

## PROJEKTTEAM:

- M. Sc. Florian Reich  
florian.reich@geo.uni-augsburg.de
- Prof. Dr. Arne Friedmann  
arne.friedmann@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 821 598 2262
- Dr. Eckhard Hartmann  
eckhard.hartmann@physik.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2670
- Dipl. Geogr. Joachim Nittka  
joachim.nittka@lfu.bayern.de
- Dipl. Inf. Florian Mutschelknaus  
fmutschelknaus@gmail.com

## Worum geht es?

Die Luftqualität wird allgemein mittels Messstationen gemessen, welche die Emissionen an einem Ort messen. Ein anderer Ansatz, den Immissionen nachzugehen, ist das Biomonitoring, bei welchem Bestands- oder Zustandsänderungen Rückschlüsse auf Umweltveränderungen gewähren. Als Bioindikator eignen sich Flechten, da sie auf klimatische und chemische Umweltveränderungen empfindlich reagieren und als Passivsammler einen Überblick über die Immissionen geben können.

Flechten sind keine Individuen, sondern eine Lebensgemeinschaft aus Algen und Pilzen. Die Alge ist in erster Linie für die Photosynthese verantwortlich, durch welche dem Pilz Kohlenhydrate zur Verfügung gestellt werden. Der Pilz bestimmt die äußere Erscheinung des Vegetationskörpers und schützt die Alge vor Austrocknung, UV-

Strahlung und Fressfeinden. Diese symbiotische Partnerschaft existiert in jeder Klimazone, von den Polargebieten bis in die Wüsten.

Als wechselfeuchte Organismen nehmen Flechten den Hauptanteil an Wasser und Nährstoffen aus der Atmosphäre auf. Da Flechten über keine Mechanismen wie Spaltöffnungen oder Ausscheidungsorgane verfügen, akkumulieren sie neben Nährstoffen auch Schadstoffe. Die Anreicherung dieser Stoffe kann das abgestimmte Stoffwechselsystem zwischen Pilz und Alge schnell stören und so zu negativen Auswirkungen an einzelnen Flechten bis hin zur Veränderung der Flechtenvegetation führen.

Flechtenkartierungen bzgl. der Luftgütemurden bereits in der Anfangsphase der Industrialisierung durchgeführt. Damals fand man zum ersten Mal in Städten sog. „Flechtenwüsten“ (Zonen ohne Flechtenbewuchs) vor. Als Verursacher wurden damals der Kohleverbrauch, der Verkehr und saurer Regen identifiziert. Durch effektive Luftreinhalungsmaßnahmen konnte die Schwefeldioxidbelastung reduziert werden, so dass ab den 1980er Jahren in den ehemaligen Flechtenwüsten wieder Flechtenbewuchs vorgefunden wurde. Die wieder angesiedelte Flechtenflora unterschied sich jedoch von der ursprünglichen. Es wurde ein Rückgang der acidophytischen Arten bis hin zu einer Dominanz der nitrophytischen Arten festgestellt.

## Zielsetzung und Methoden

Die vorliegende Arbeit hat erstens das aktuelle Artenspektrum von corticolen Flechtenarten (auf Baumrinde wachsend) in Augsburg erfasst und zweitens die daraus resultierende Luftqualität dargestellt. Zur Bewertung wurde das Klassifikationsverfahren der Zeigerwerte nach WIRTH

## Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg

(1991) und die daraus resultierende Richtlinie VDI 3957, Blatt 13 (2007) verwendet. Diese beruht darauf, dass große Eutrophierung im Allgemeinen negative Auswirkungen auf die pilzliche, pflanzliche und tierische Artenvielfalt von Ökosystemen hat. Je mehr Flechtenarten mit hoher Nährstoffverträglichkeit (Eutrophierungszeiger) im Verhältnis zu anderen, bzw. nitrophoben Arten (Referenzarten) in einem Gebiet vorkommen, desto schlechter ist die Luftqualität. Hierfür wurden im Untersuchungsgebiet Stadt Augsburg je Rasterquadrat (1 km<sup>2</sup>) 6-12 Bäume untersucht. Da die unterschiedlichen Flechtenarten eine unterschiedliche Akzeptanz bzgl. des pH-Wertes der Borke haben, wurde die subneutrale Baumartengruppe der VDI-Richtlinie ausgewählt. Weitere Vorgaben waren, dass der jeweilige Baum freistehend sein musste, nicht über 10° Neigung besaß, einen Mindestumfang (je nach Baumart zwischen 70-280 cm) hatte, weniger als 25 % Moosbewuchs aufwies sowie frei von Verletzungen oder Verunreinigungen war.

Die Datenerfassung erfolgte nach qualitativer (Flechtenart) und quantitativer (Frequenz) Methode. Am Baum wurden pro Himmelsrichtung und in einer Höhe von 100 cm bis 150 cm Gitterstreifen mit je fünf 10 cm x 10 cm großen Quadraten angebracht. Das Vorkommen jeder Flechtenart wurde pro Quadrat einmal gezählt, was eine maximale Frequenz je Flechtenart von 20 pro Baum ergab. Über eine Bewertungsmatrix, welche auf der Frequenz und Diversität von Eutrophierungszeigern und Referenzarten beruht, wurde mittels eines Luftgüte-Index die Luftqualität und der Einfluss von eutrophierenden Luftschadstoffe ermittelt.



Abb. 1: Gitterstreifen am Baum mit *Parmelina tiliacea*.



# Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg

## Durchführung und Ergebnisse

Von April bis November 2017 untersuchte Florian Reich im Rahmen seiner Masterarbeit am Institut für Geographie die Flechtenflora in Augsburg und verglich so die Veränderung zu vorherigen Bestandsaufnahmen. Dazu kartierte er 347 Bäume auf 40 km<sup>2</sup>.

1985 hatte WAHNSIEDLER (1987) 9 Flechtenarten im Stadtgebiet Augsburg gezählt und in der Innenstadt noch mehrere Bereiche mit Flechtenwüsten festgestellt. 2008 fanden GUMPP & FRIEDMANN (2010) 32 Flechtenarten mit einer mittleren Artenzahl von 11 pro km<sup>2</sup>. Durch die Untersuchung von 2017 konnten wir feststellen, dass die mittlere Artenzahl pro km<sup>2</sup> auf 19.2 gestiegen war, mit insgesamt 44 Flechtenarten.

Im Vergleich zu 2008 siedelten sich 16 Arten neu im Stadtgebiet an. Der größte Erstbesiedler ist *Candelaria concolor*, der sich jetzt bereits an 51,3 % der Bäume manifestiert. Der größte Rückgang mit 17,75 % wurde bei *Hypogymnia physodes* beobachtet, welche einen Nährstoffzeigerwert von 3 (Stickstoffarmutzeiger) besitzt. Drei Arten mit mittleren Nährstoffzeigerwerten wurden im Untersuchungsgebiet nicht mehr angetroffen. Im Untersuchungsgebiet dominieren sechs Arten knapp 80 % des gesamten Flechtenbewuchses; sie weisen einen Nährstoffwert von  $\geq 7$  (Stickstoffreichtumzeiger) auf. Der arithmetische Mittelwert der Nährstoffzahl ist zwischen 2008 und 2017 von 7,47 auf 7,64 gestiegen. Diese Nährstoffzunahme spiegelt sich auch in den Ergebnissen der VDI-Richtlinie wieder, welche im gesamten Stadtgebiet eine sehr starke Eutrophierung durch Luftschadstoffe aufweist. Die Auswertung zeigt eine „geringe“ bis „mäßige“ Luftqualität für 2017 an und weist im Vergleich zu 2008 keine „sehr geringe“ Luftgüte mehr im km<sup>2</sup>-Spektrum aus. Jedoch haben sich

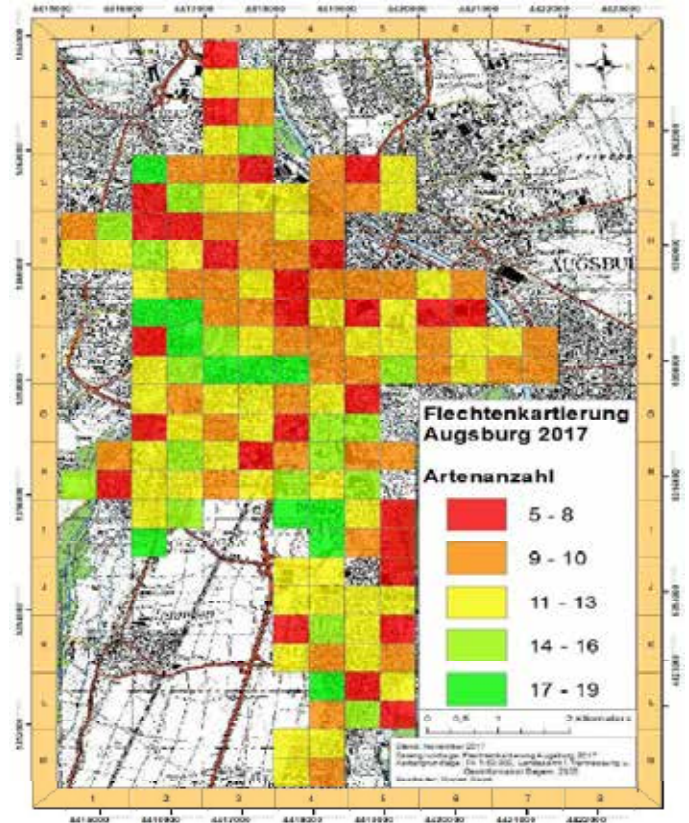


Abb. 2: Artenzahl Augsburg 2017.

# Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg

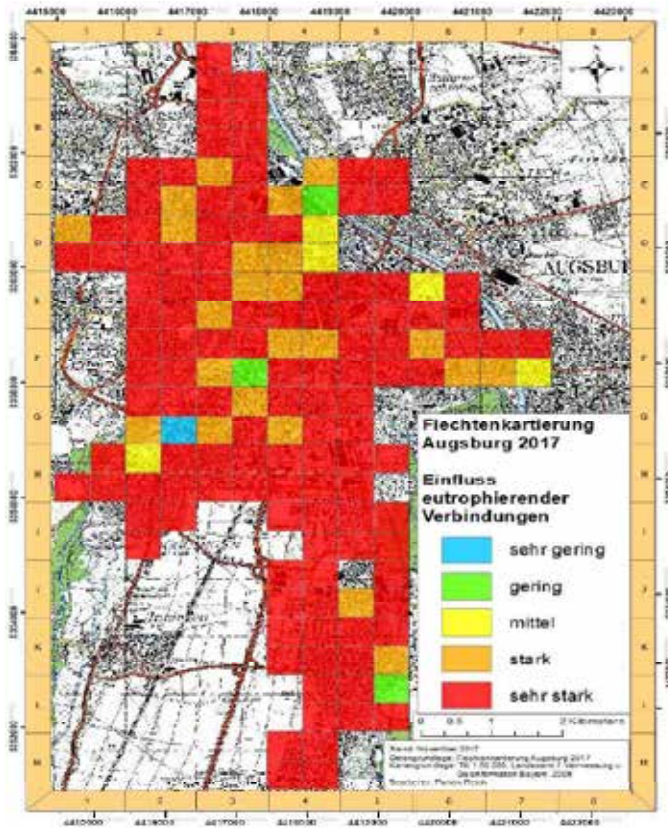


Abb. 3: Eutrophierungswert Augsburg 2017.

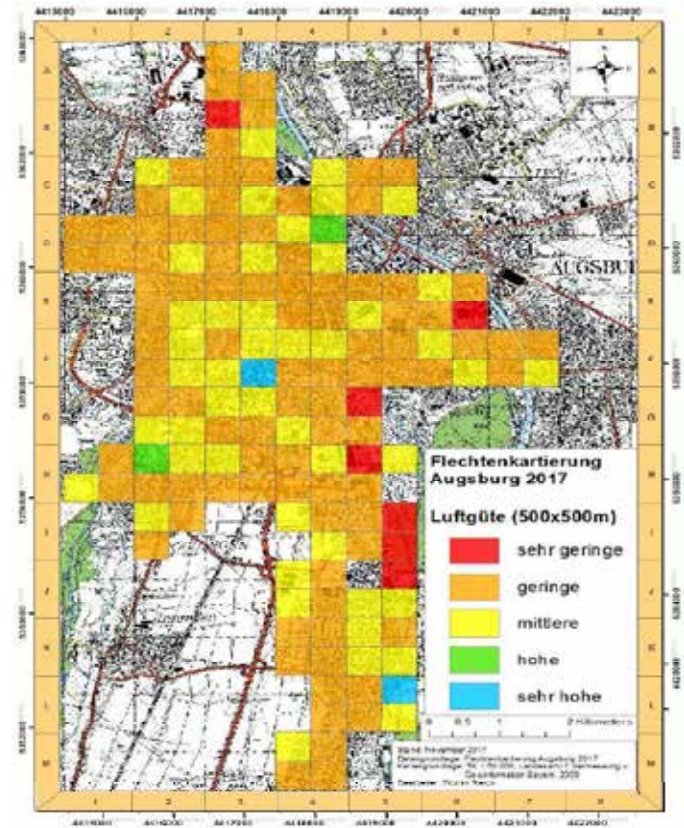


Abb. 4: Luftgüte Augsburg 2017.



# Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg

die Werte, neben fünf Verbesserungen, in 19 km<sup>2</sup> Gitterquadraten insgesamt verschlechtert.

Worauf die steigende Eutrophierung zurückzuführen ist, konnte nicht festgestellt werden. Da Stickoxid- und Feinstaubbelastungen seit der letzten Kartierung 2008 laut den Messstationen des LfU leicht gesunken sind, wird eine andere Quelle für das Steigen der Eutrophierungszeiger vermutet.

## Ausblick

In weiteren Projekten der AG Biogeographie des Instituts für Geographie sind Vergleiche mit anderen Städten geplant. Dabei sollen auch Stoffe, die von regulären Messstationen nicht beachtet werden, wie etwa Ammoniumnitrat, als mögliche Eutrophierungsquellen untersucht werden. Auch wird eine Erweiterung der Zeigerwertanalysen angestrebt, um z. B. Auswirkungen durch den Klimawandel in der Flechtenflora und -verbreitung nachzuweisen.

## Literatur

- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz/LfU (Hg.) (2019): Langzeitverläufe von Luftschadstoffen. <https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/auswertungen/langzeitverlaeufe/index.htm> (15.08.2019).
- Gump, A. & Friedmann, A. (2010): Die Luftgüte im Stadtgebiet Augsburg 2008 - Bestimmung mittels Flechtenkartierung und ein Vergleich mit dem Jahr 1985. In: Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben, Band 114/2010, S. 56-72.

- Reich, F. (2018): Flechtenkartierung des Stadtgebiets Augsburg. Masterarbeit, AG Biogeographie, Institut für Geographie, Univ. Augsburg.
- Wahnsiedler, E. (1987): Beurteilung der lufthygienischen Situation von Augsburg durch Flechten als Bioindikatoren. Diplomarbeit (Phys. Geogr.), Univ. Augsburg.

# ENVIRONMENTAL HUMANITIES

- 75 Nachhaltigkeit im Diskurs anthropozentrischer und holistischer Naturethik
- 78 Weizenwerke - Kulturelle, materielle und politische Perspektiven der Environmental Humanities
- 85 Umweltmigration am Urmiassee (Iran)
- 90 Folgen der Wasserknappheit: Politische Ökologie am Urmiassee (Iran)
- 95 Geschichte der Nachhaltigkeit(en). Diskurse und Praktiken seit den 1970er Jahren
- 100 Nachhaltigkeit in der Antike

# Nachhaltigkeit im Diskurs anthropozentrischer und holistischer Naturethik

## PROJEKTTEAM

- M. A. Madeleine Hugai  
madeleine1.hugai@student.uni-augsburg.de  
Tel.: 08251 8937462
- PD Dr. Jens Soentgen  
soentgen@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3560
- Prof. Dr. Uwe Voigt  
uwe.voigt@phil.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5577

## PROJEKTLAUFZEIT

- Seit Oktober 2018

Forschung, konkret aus der Metaethik, der Philosophie des Geistes sowie der Erkenntnistheorie, bilden dabei wichtige Bezugspunkte. Durch den phänomenologischen Blickwinkel wird der Erkenntnisprozess des Menschen als Schlüsselement bei der Wahrnehmung seiner Umwelt in die Bestimmung des Nachhaltigkeitsbegriffs integriert. Eine rein ökonomische, menschenzentrierte Perspektive der natürlichen Umwelt als Ressource soll dabei kritisch betrachtet werden, trägt sie doch bei zur Verschlechterung der Bedingungen des Ökosystems und der Verschärfung der Konflikte innerhalb der verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit. Durch einen Perspektivwechsel möchte diese Arbeit neue Einsichten und Entwicklungen in der politischen und medialen Nachhaltigkeitsdebatte anstoßen.

## Worum geht es?

Gegenstand des interdisziplinären Dissertationsprojekts ist die analytische und kritische Betrachtung der anthropozentrischen und holistischen Naturethik und der Bezug des modernen Nachhaltigkeitsbegriffs zu diesen beiden grundlegenden Axiologien. Dabei zielt das Vorhaben darauf ab, einen Beitrag zur globalen Nachhaltigkeitsdebatte zu liefern und diesen im größeren Kontext der Umweltethik produktiv zu verorten.

## Zielsetzung und Methoden

Der Begriff der Nachhaltigkeit soll in ein neues Licht gerückt werden, indem er interdisziplinär aufgearbeitet und indem ein phänomenologischer Zugang zur anthropozentrischen und holistischen Umweltethik geschaffen wird. Betrachtungen aus der geisteswissenschaftlichen

## Durchführung und Ergebnisse

Nachhaltigkeit wird meist als anthropozentrisches Leitbild in der Moderne definiert, wobei die nachhaltige Entwicklung darauf ausgerichtet ist, den allgemeinen Wohlstand zu steigern, ohne seine Voraussetzungen zu ruinieren. Sowohl der Brundtland-Bericht, die Rio-Dokumente als auch die Agenda 21 deklarieren ihr Nachhaltigkeitsverständnis als anthropozentrisch (vgl. Vogt, 2015). Oft ist die Rede von Natur als einem „natürlichen Kapitalstock“ (Pearce / Turner, 1990); der Philosoph und Umweltethiker Konrad Ott spricht von „Naturkapital“ (Ott, 2001). Des Weiteren lassen die Rede von „ökologischen Managementregeln“ und das Konzept der „zirkulären Ökonomie“ keine Zweifel offen, dass hier ein stark anthropozentrisches und ökonomisches Naturbild gezeichnet wird (vgl. Vogt, 2015). Das moderne Nachhaltigkeitsprin-

# Nachhaltigkeit im Diskurs anthropozentrischer und holistischer Naturethik

zip ist somit ein anthropozentrisches Konzept, von Menschen für Menschen gestaltet. Die geistigen Größen der Reflexionsfähigkeit und des Selbst-Bewusstseins unterscheiden den Menschen von seiner nicht-menschlichen Umwelt. Darüber hinaus lässt sich von einer zunehmenden politischen Ökonomisierung der Nachhaltigkeit sprechen, wenn die Idee der Nachhaltigkeit politisch zwar forciert wird, sich jedoch zunehmend zu einer leeren Hülle entwickelt und als Platzhalter sowie als Formel der Beschwichtigung dient (vgl. Vogt, 2015).

Uneinigkeit herrscht seit jeher - sowie ebenso in der aktuellen Nachhaltigkeitsdebatte - darüber, was den Begriff der Natur und ihre Bedeutung für den Menschen angeht. Der mechanische Naturbegriff ergibt sich dabei aus dem Bestreben, die Natur an die menschlichen Rahmenbedingungen anzupassen (vgl. Vogt, 2015 und Reis, 2003), während das anthropozentrische Naturverständnis den Menschen klar von seiner Umwelt abgrenzt und ihm zudem eine zentrale Sonderrolle einräumt.

Weiter wurde die Fragestellung nach der Bedeutung des Begriffs „Anthropozentrismus“ behandelt. Diese Diskussion beinhaltet eine theoretische Analyse des anthropozentrischen Ansatzes der Umweltethik in seinen Variationen. Diese sollen nicht nur in ihrer Allgemeingültigkeit dargestellt und diskutiert, sondern auch in ihren erkenntnistheoretischen Grundfesten hinterfragt werden. Eine umfassende Übersicht im Hinblick auf die anthropozentrischen Naturethiken liefert die Philosophin Angelika Krebs (1997). Als Ergänzung dazu dienen unter anderem die Schriften von Dieter Birnbacher (2006, 2011), Jürgen Habermas (1997) und Martin Seel (1997).

## Ausblick

Im Weiteren soll der Nachhaltigkeitsbegriff im Kontext des holistischen Ansatzes diskutiert werden sowie erkenntnistheoretische Ansätze, die eine neue Interpretation des Nachhaltigkeitsbegriffes ermöglichen, betrachtet werden. Als Bezugspunkt dienen, unter anderem, die nachmetaphysischen Ansätze der Strukturphänomenologie nach Heinrich Rombach (1980, u. a.) und anti-reduktionistische Denkweisen (Skrbina, 2017; Bruntrup / Jaskolla, 2016; Nagel, 2018 und 2016;

Soentgen, 2018; u. a.), die eine perspektivische Neudeutung natürlicher Phänomene befürworten und folglich als Grundlage für eine neue Nachhaltigkeit jenseits der starren Einordnung in anthropozentrisch und holistisch dienen könnten.

Weiterblickend stellt sich die Frage, ob die Naturethiken durch eine phänomenologische Betrachtung der Nachhaltigkeit obsolet werden oder ob eine Subjektphänomenologie als Grundlage für eine neue phänomenologische Ethik der Nachhaltigkeit dienen kann. Das Ausmaß und die Qualität moralischer Verpflichtungen des Einzelnen und somit der Gesellschaft gegenüber ihrer Umwelt hat einen beachtlichen Einfluss auf die Definition und

Umsetzung von Handlungsstrategien. Reicht es zu wissen und zu erkennen, warum das Gute getan wird, um moralisches Handeln zu begründen? In diesem Zusammenhang soll untersucht werden, ob und wie die klare Divergenz zwischen anthropozentrischer und holistischer Naturethik zu rechtfertigen ist und wie viel Anthropozentrismus und Holismus in der jeweils entgegengesetzten Position stecken kann.

# Nachhaltigkeit im Diskurs anthropozentrischer und holistischer Naturethik

## Literatur

- Birnbacher, Dieter (2006): Bioethik zwischen Natur und Interesse. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Birnbacher, Dieter: Natur und Umwelt schützen – vor dem Menschen oder für den Menschen? In: Ach, Johann S. / Bayertz, Kurt / Siep, Ludwig (Hg.) (2011): Grundkurs Ethik. Band II. Anwendungen. Paderborn: Mentis Verlag, S. 67 – 80.
- Bruntrupp, Godehart / Jaskolla, Ludwig (Hg.) (2016): Panpsychism: Contemporary Perspectives. New York: Oxford University Press.
- Habermas, Jürgen (1997): Die Herausforderung der ökologischen Ethik für eine anthropozentrisch ansetzende Konzeption. In: Krebs, Angelika (Hg.) (1997): Naturethik. Grundtexte der gegenwärtigen tier- und ökoethischen Diskussion. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, S. 92 – 99.
- Krebs, Angelika: Naturethik im Überblick. In: Krebs, Angelika (Hg.) (1997): Naturethik. Grundtexte der gegenwärtigen tier- und ökoethischen Diskussion. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, S. 337 – 379.
- Nagel, Thomas (2018): Der Blick von nirgendwo. The View from Nowhere (1986). 3. Auflage. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Nagel, Thomas (2016): Geist und Kosmos. Warum die materialistische neodarwinistische Konzeption der Natur so gut wie sicher falsch ist. Mind and Cosmos: Why the Materialist Neo-Darwinian Conception of Nature is Almost Certainly False (2012). 2. Auflage. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag.
- Ott, Konrad (2001): Eine Theorie „starker“ Nachhaltigkeit. In: Altner, Günter / Michelsen, Gerd (Hg.): Ethik und Nachhaltigkeit. Frankfurt am Main: VAS-Verlag für Akademische Schriften, S. 30 – 63.
- Pearce, David. W. / Turner, R. Kerry (1990): Economics of Natural Resources and the Environment. New York: Johns Hopkins University Press.
- Seel, Martin (1997): Ästhetische und moralische Anerkennung der Natur. In: Krebs, Angelika (Hg.) (1997): Naturethik. Grundtexte der gegenwärtigen tier- und ökoethischen Diskussion. Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, S. 307 – 330.
- Skrbina, David (2017): Panpsychism in the West. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Soentgen, Jens (2018): Ökologie der Angst. Berlin: Matthes & Seitz Verlag.
- Vogt, Markus (2005): Prinzip Nachhaltigkeit. Ein Entwurf aus theologisch-ethischer Perspektive. München: Oekom Verlag.
- Von Weizsäcker, Ernst Ulrich / Hargroves, Karlson / Smith, Michael (2010): Faktor Fünf – Die Formel für nachhaltiges Wachstum. München: Droemer HC.

# Weizenwerke - Kulturelle, materielle und politische Perspektiven der Environmental Humanities

## PROJEKTTEAM

- Das Projektteam soll im Verlaufe des Frühjahrs 2020 zusammengestellt werden
- PD Dr. Kirsten Twelbeck (Amerikanistin)  
kirsten.twelbeck@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3558

## PROJEKTPARTNER

- Wissenschaftszentrum Umwelt
- Museum für Brot und Kunst, Ulm

## FÖRDERUNG

- Antragstellung für ein Forschungsprojekt in Vorbereitung

## PROJEKTLAUFZEIT

- 2019 - 2021

## Worum geht es?

Kein anderes Getreide nimmt weltweit so viel Fläche ein wie der Weizen. Dennoch, oder gerade deshalb, nehmen wir ihn kaum bewusst wahr. Seine Omnipräsenz, die schiere Größe der Pflanzungen aber auch die unspektakuläre Gleichförmigkeit der oft bis an den Horizont reichenden Weizenkollektive verhindern geradezu, dass wir das Getreide bewusst registrieren. Das ist insofern bemerkenswert, als dieser Grundstoff der menschlichen Ernährung hinsichtlich der Überlebenschancen einer stetig wachsenden Weltbevölkerung eine Schlüsselrolle einnimmt.



Abb. 1: Weizenfeld, England.

Lange bevor er rund um den Globus (signifikante Ausnahmen bilden Teile Afrikas und der pazifischen Inseln) zu den Hauptanbaufrüchten zählte, prägte der Weizen das Selbstverständnis vieler Regionen, Stämme und Nationen in unterschiedlichen Kulturen. Gerade die einzelne Ähre wurde in der Alltagskunst verewigt; in Deutschland (ein-

## Weizenwerke

schließlich der ehemaligen DDR), in den USA und Kanada und in Osteuropa trifft man auf Schritt und Tritt auf ährenförmige Stuckelemente, Weizenornamente auf religiösen Devotionalien und stilisierten Weizen als Bäckereilogo. Endlos wiederholt und als ordnendes Element leicht in bestehende Schablonen einzufügen, wirkt die Ähre vor allem dekorativ und kündigt von Frieden und Wohlstand - ein Nachdenken über die aggressiven Seiten des Weizens, und insbesondere über die kulturellen Folgewirkungen seines Anbaus, fördern solche Darstellungen leider kaum. Dabei scheint die Analyse der kulturellen, materiellen und politischen Wirkkräfte wichtiger denn je: Im Zuge der Industrialisierung, des wachsenden Weizenbedarfs und des Wettlaufs um Absatzmärkte, neue Sorten und neue Flächen hat dieses Getreide tiefgreifende Gestaltungsmacht über bestehende Topografien, Siedlungen und traditionelle Strukturen gewonnen. Während die Vielfalt der Ackerfrüchte innerhalb der letzten 100 Jahre global um 75% geschrumpft ist, hat der Weizen (im Wettlauf mit Mais und Soja) stetig an Bedeutung gewonnen. Dies macht ihn, wie sich an Heinrich Eduard Jacobs berühmter Kulturgeschichte des Brotes (1944) gut darstellen lässt, zu einem besonders mächtigen „Stoff“, dessen Bedeutung weit über die in herkömmlichen Sinne materielle Dimension hinausgeht: Anschließend an den in Augsburg betriebenen stoffgeschichtlichen Ansatz („Material Ecology“) bedeutet mehr Weizen auch mehr Verhandlungsmaterial, Komplexität und Widersprüchlichkeit, mehr politische Verwobenheit und kulturelle Aufladung. Der Weizen bildet somit eine immer weiter wuchernde „Stoffgeschichte“ (Soentgen 2019), in der sich sowohl biologische, wirtschaftliche und politische Aspekte, vor allem aber auch kulturelle Faktoren niederschlagen. Aus diesem, letztge-

nannten Grund, bilden die Vorstellungen vom Weizen, die von Wissenschaft, Kunst und Alltagskultur in einer endlosen Produktionskette hervorgebracht werden, die Rahmenhandlung der geplanten „Stoffgeschichte“, die im Folgenden unter dem Begriff der „Weizenwerke“ gefasst wird. Es handelt sich also nicht um eine Kulturgeschichte des



*Abb. 2: Weizenrelief,  
Moskau*

Weizens, sondern um die Darstellung und Analyse eines Netzwerkes an Bezügen, welches letztlich die weltweite Wirkmacht des Weizens bedingt, jedoch ohne dass dies durch einfache Kausalitäten abbildbar wäre. Diese Bezüge sind nur eingedenk der komplexen natürlichen und menschengemachten Prozesse, die den Weizen und die anhaltende Weiterentwicklung dieses Getreides auszeichnen, zu erfassen und zu erklären. So gäbe es die emotionalen, aus kulturwissenschaftlicher Sicht bedeutsamen Debatten, die über das als „Gluten“ bezeichnete Gemenge aus Proteinen, Lipiden und Kohlehydraten öffentlich ausgetragen werden, wohl kaum ohne die Popularisierung ernährungswissenschaftlicher Erkenntnisse. Die Macht des Weizens entsteht durch die Interaktion von Züchtungserfolgen, technologischen Entwicklungen und Weltbildern, sie ist archiviert in religiöser Symbolik und politischen Ideologien, fungiert als Heilsversprechen gegen den Welthunger



## Weizenwerke

und als Hiobsbotschafterin eines aggressiven, weltweit agierenden Agribusiness.

Gerade kulturelle „Weizenwerke“ bewegen sich sehr häufig in dem damit angedeuteten Spannungsfeld - man denke an Frank Norris' Roman *The Octopus* (1901), Sergej Eisensteins Film *Oktober* (1928), Peter Kriegs Dokumentarfilm *Septemberweizen* (1980) oder Agnes Denes Land Art Installation *Wheatfield - a Confrontation* (1982 und 2015). Sie alle führen einen Kampf mit oder gegen den Weizen und belegen dabei - trotz aller Kritik - die anhaltende Faszination der Kunst mit der Wirkmacht dieses „goldenen“ Getreides - das sich nicht von Ungefähr auch auf vielen Geldmünzen wiederfindet und in den Wonderbread Werbekampagnen der 1920er und 1950er Jahre, wo Wunder, Weizen und die weiße amerikanische Mittelklasse eine identitätserhaltende Einheit bildeten. Für eine kultur- bzw. literaturwissenschaftliche Analyse ist das auch insofern interessant, als zu fragen sein wird, wie sich das komplizierte Verhältnis des Weizens zu Natur und Kultur in den diversen Ausdrucksformen niederschlägt bzw. durch welche kreativen Strategien dieses Verhältnis z.B. auch emotional erfahrbar wird (vgl. Zapf 2002).

Der auch in nicht amerikanischen Werken immer wieder aufgerufene US-Bezug des Weizens ist einer der Gründe, warum das Projekt aus einer amerikanistischen Sicht entwickelt und umgesetzt wird. Angesichts der expansiven und potentiell aggressiven Komponente des Weizens kann sich die wissenschaftliche Auseinandersetzung damit jedoch nicht auf diesen Kulturraum beschränken. Der Bedeutungswandel des Weizens muss vielmehr im unmittelbaren Zusammenhang mit internationalen Verflechtungen betrachtet werden, die unter dem Terminus „Globalisierung“ gefasst werden. Anders gesagt, können

die oben angesprochenen Spannungen, Widersprüche und literarisch-künstlerischen Auseinandersetzungen mit diesem Getreide nur durch eine gezielte inter- und transdisziplinäre Zusammenarbeit angemessen eingeordnet und in ihrer transkulturellen Wirkmächtigkeit verstanden werden. Diese Zusammenarbeit wird sich an den wissenschaftlichen Ressourcen der Netzwerkuniversität Augsburg orientieren, setzt aber auch auf innerdeutsche und internationale Kontakte und natürlich auf die Bekanntmachung des Projekts auf beiden Ebenen.

Das Forschungsprojekt geht davon aus, dass die Macht des Weizens ohne die biologischen Besonderheiten des Getreides, seiner Züchtungen sowie der technischen Entwicklungen im Agrarsektor undenkbar ist. Diese Pflanze besitzt zweifelsohne eine besondere kulturelle Strahlkraft - mit seinem symmetrischen Aufbau, den nahezu vierkantigen, häufig mit kurzen Grannen bestückten Ähren und den prallen Körnern entspricht der Weizen etablierten Kriterien des Schönen. Die relative Biegsamkeit des Halms aber auch das fast militärische Aufstreben und Pflanzmuster der Ähre bieten diverse Anpassungsmöglichkeiten an formale Schablonen - kurz: Der Weizen eignet sich nicht nur als Grundelement diverser Firmenlogos (auch jenseits von Brot), sondern ist, auch rein ästhetisch betrachtet, für die Malerei und Literatur optisch interessant. In seinem dynamischen Zusammenspiel mit dem Licht entfaltet ein in der Sonne liegendes Weizenfeld zudem eine einzigartige und fast hypnotische Wirkung, die sich in Literatur und Kunst zu einem Beispiel des landwirtschaftlichen Erhabenen (vgl. Pollan 2001, 197) steigern kann. Umgekehrt ist aber auch zu fragen, inwiefern künstlerische Reproduktionen und die kulturelle Aufladung des Weizens die Naturwissenschaften zum Forschen angetrieben haben (vgl.

## Weizenwerke

Müller 2019). In jedem Falle entfaltet und entfacht der Weizen eine enorme kreative Wirkung, und es überrascht kaum, dass er auch in seinen kulturellen Darstellungen häufig von einem expansiven Drang getrieben scheint - eine als unkontrollierbar eingestufte Eigenschaft, die ihre sprichwörtlichen Wurzeln in den Besonderheiten der Pflanzenbiologie hat (Stöcklin 2007) und unmittelbar mit den enormen Züchtungserfolgen des Getreides zusammenhängen. Letztere begründen (u.a.), warum der Weizen weniger als Pflanze wahrgenommen wird denn als eine Abstraktion, ein Verwandter der Maschine und des Geldes. Diese Wahrnehmungsdimension ist nicht nur ein Thema für die Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften, sondern lädt zum Dialog mit den Natur- und Lebenswissenschaften, der Humangeographie sowie den Wirtschaftswissenschaften ein. Auch die historische Genese und (post)koloniale Machtverhältnisse müssen mit der entsprechenden Expertise aufgearbeitet werden. Hier kann gerade auch die Amerikanistik einen Beitrag leisten, denn bereits zur Zeit der Kolonisierung deuteten europäische Missionare ihre Erfolge beim Anlegen von Weizenfeldern als Zeichen spiritueller und moralischer Überlegenheit und leisteten mit ihren Pflanzungen dem Frontiergedanken Vorschub, der die Geschicke des amerikanischen Weizens potentiell bis heute prägt (Dunmire 2004; Fite 1977). Beispiele wie diese gibt es viele, doch das Projekt ist viel mehr als eine Sammlung von Momentaufnahmen. Es geht vielmehr um die transformierende Kraft dieses Getreides, seine durchaus auch metaphorische Klebkraft und kulturelle Anpassungsfähigkeit, die durch vielfältige Bezüge herausgearbeitet werden soll. Ziel ist es, bislang unerkannte Entwicklungslinien und Interdependenzen aufzuzeigen, zu analysieren und zu bündeln - und so eine neue Auf-

merksamkeit für diesen materiell, kulturell und politisch ganz besonderen Stoff zu wecken.



Abb. 3: Der Gründer der Stadt Dinkelsbühl.

## Zielsetzung und Methoden

Das Forschungsprojekt ist als Kooperationsprojekt thematisch hervorragend geeignet. Es profitiert von den strukturellen Grundvoraussetzungen der hiesigen Netzwerkuniversität und macht das einzigartige Profil der Augsburger Environmental Humanities auch international sichtbar. Grundsätzlich kulturwissenschaftlich - amerikanistisch ausgerichtet, basiert es auf der Vernetzung verschiedener Fachdisziplinen, zu denen auch solche jenseits der Geistes-, Kultur- und Sozialwissenschaften gehören sollen.

Die zentrale Zielsetzung des Forschungsprojekts ist die systematische Analyse von Bedeutungszusammenhängen, die dem Weizen eingeschrieben sind. Genauer: Es geht, erstens, darum, die produktive Durchdringung des Weizens durch diverse materielle, politische und im engeren Sinne kulturelle Kräfte in historisch und geographisch-kulturell konkreten Kontexten zu untersuchen. In einem zweiten Schritt wird das Weiterwirken der im Zusammenspiel von kultureller, materieller und politischer Ökologie entstandenen Diskurse über größere historische und transnationale Kontexte hinweg unter die Lupe genommen und in seinen erneut jeweils spezifischen Funktionsweisen analysiert.

Da die USA geradezu ein Sinnbild für die expansive Kraft des Weizens sind, bietet sich eine amerikanistische und damit kulturwissenschaftliche Perspektive als grundsätzlicher Ausgangspunkt und Bezugsrahmen an; weitere kulturelle Räume, die ein enges Verhältnis zum Weizen bzw. historisch eine Schlüsselrolle bei der Produktion des Weizens (sowohl in materieller als auch in imaginärer Hinsicht) haben, werden hierzu ins Verhältnis gesetzt. Darüber hinaus bezieht das Projekt aber ökologische, ökonomische und insbesondere politische Zusammenhänge mit

ein. Das so entstehende Weizennarrativ verspricht neue Einblicke in die Rolle des globalen Weizens als Katalysator von (inter)kulturellen und politischen Konflikten und damit gleichsam in die Bedingungen und Funktionsmechanismen dieser Konflikte selber. Durch Publikationen, Vorträge und Ausstellungen möchte das Projekt innerhalb der Wissenschaftscommunity aber auch in der interessierten Öffentlichkeit ein zukunftsgerichtetes Nachdenken über den Weizen anstoßen. Nicht zuletzt durch die den Kultur- und Geisteswissenschaften immanente kritische Selbstreflexion bindet die kulturwissenschaftliche Grundausrichtung des Forschungsprojekts die oft empirischeren Ansätze anderer Fächer methodisch neu ein und stellt auf diese Weise den durch die Humanities leistbaren Erkenntnisgewinn unter Beweis.

Als Projekt in den Augsburger Environmental Humanities setzt das Vorhaben sehr stark auf das Erkenntnispotential der in ihrer radikalen Inter- und Transdisziplinarität einzigartigen Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Fachdisziplinen. Das Projekt ist so organisiert, dass Raum entsteht für Impulse aus „fremden“ Wissensgebieten, die für das jeweils eigene fachspezifische Verständnis konkreter Weizenphänomene nutzbar gemacht werden können. Die beteiligten Fächer arbeiten nicht isoliert an Einzelprojekten, sondern kooperieren gezielt zu zeitspezifischen und epochenübergreifenden Weizenphänomenen. Dass dabei auch über Fachsprachen, die unterschiedlichen Bedeutungen ähnlicher Begriffe und anders gelagerte Zielsetzungen gesprochen werden muss, wird aktiv mitreflektiert und fließt als transdisziplinär-kritische Bestandsaufnahme über die Chancen (und Risiken) fachübergreifenden Arbeitens in das Projekt ein. Das kulturwissenschaftliche Grundinteresse richtet sich auf das „Zusammenlesen“

## Weizenwerke

diverser kultureller Texte zum Weizen (zu denen neben Romanen oder Gemälden auch theologische Schriften, agrarwissenschaftliche Debatten, oder Kochbücher gehören) und zielt auf die Schaffung und Analyse von bisher nicht erfassten Bezügen und Bedeutungszusammenhängen. Hierzu bedarf es konkreter Einzelanalysen zu epochenspezifischen Weizen-Phänomenen ebenso wie deren Einbettung in größere kulturelle und historische Bezüge. Auf diese Weise entsteht ein Netz an Entwicklungslinien, auf dessen Basis mögliche Zukunftsszenarios vorstellbar werden. Indem sich das so entstehende, vernetzte „Weizenwerk“ der „kulturellen Arbeit“ des Weizens widmet (um einen auf die Literaturwissenschaftlerin Jane Tompkins zurückgehenden Begriff zu bemühen, der die epochenspezifischen Funktionen von literarischen Texten beschreibt), sehen sie sich als Beitrag zu den überall zu beobachtenden kulturellen Selbstverständigungsprozessen über den Weizen, die Welt, und das zunehmend umstrittene, kollektive „Wir“.

### Durchführung und Ergebnisse

Im ersten Projektschritt werden die teilnehmenden Fächer bestimmt und mehrere interdisziplinäre Einzelprojekte definiert, die sich letztlich zu einem Gesamtbild fügen sollen. Die in dieser Phase entstehenden Projektteams sollen im Verlauf ggf. noch erweitert und mit weiteren Institutionen vernetzt werden. Insbesondere gilt es, sich auf die Paradigmen zu einigen, die das Projekt als Ganzes zusammenhalten. Aus bisheriger Sicht könnten das Themen wie „Macht“, „Risiko“, „Nachhaltigkeit“ oder auch „Wechselwirkungen“, „Symbiose“, „Informationsverarbeitung“, „Handlungsfähigkeit“ sein, die sich auf

die Inhalte und Ansätze der beteiligten Disziplinen übertragen lassen und sowohl in Einzelprojekten als auch in interdisziplinären Tandems oder Gruppen zu bearbeiten sind. Dass hier auch dezidiert Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler angesprochen werden, versteht sich von selbst. Eine funktionierende Kommunikationsplattform ist nötig, um den Austausch anhaltend zu fördern und in strukturierte Bahnen zu lenken. Auch Internetformate wie ein Blog oder eine digitale Inszenierung zum Thema sind denkbar. Die abschließenden Sammelpublikation versteht sich als eine der Komplexität des Phänomens angemessene, bewusst unvollständige, wissenschaftliche Collage über die Beharrlichkeit und kreative Kraft eines der wichtigsten Begleiter des modernen Menschen - des Weizens.

### Ausblick

Das Projekt entsteht zu einem Zeitpunkt, in dem neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse dem Weizen zusätzliche Kompetenzen zu- bzw. absprechen (Anpassungskompetenzen, Resilienz, Reaktion auf den Klimawandel, Eigenschaften bei der Fotosynthese). Zugleich regt sich seit Jahrzehnten Widerstand gegen die Konstanten der globalen Agrarindustrie. Insbesondere geht es hier um die Auswirkungen von Gentechnologie auf Lebenskreisläufe und Artenvielfalt, aber auch um Flächenfraß und globale Ungleichheit. Hier kann interdisziplinäre, kulturwissenschaftlich ausgerichtete Grundlagenforschung wichtige Impulse für eine Diskussion liefern, die den gegenwärtigen Konflikten mit Komplexitätsbewusstsein und historischer Tiefenschärfe begegnet. Mit den besonderen Möglichkeiten zur breiteren inter- und transdisziplinären

## Weizenwerke

Zusammenarbeit, die das WZU bietet, versteht sich das Vorhaben zugleich als Pionierprojekt in den Environmental Humanities, die nicht als „Zusatzfach“ zu den Umweltwissenschaften oder eine Unterkategorie der Kulturwissenschaften gedacht werden, sondern als Impulsgeber für eine lebendige Diskussionskultur, die Umweltthemen mit einem stärkeren Bewusstsein über ihre kulturellen Prämissen betrachtet und kulturspezifische Fragestellungen expliziter mit den materiellen (inklusive der natur- und lebenswissenschaftlichen) Wirkungskontexten des Weizens sowie mit den politischen und ökologischen Dimensionen dieses „Expansionsstoffes“ kurzschließt. Auch technische Komponenten spielen hier eine Rolle. Indem es dialogische Formen unter aktiver Beteiligung der Natur-, Sozial, und Lebenswissenschaften gezielt koordiniert und reflektiert, verschiebt dieses kultur- und literaturwissenschaftliche Projekt also nicht allein die geisteswissenschaftliche Forschung in eine stärker interdisziplinäre Richtung, sondern setzt, ganz im Sinne der Augsburger Netzwerkuniversität, auf die praktische Einübung einer Diskussion auf Augenhöhe, die von wechselseitiger Resonanz geprägt ist. Dieses Verständnis von wissenschaftlicher Arbeit möchte das Projekt, zusammen mit neuen Erkenntnissen über den Weizen, klar erkennbar nach außen tragen.

### Literatur

- Dunmire, William W. (2004). *Gardens of New Spain. How Mediterranean Plants and Foods Changed America*, Austin: University of Texas Press.
- Fite, Gilbert C. (1977). *The Farmers' Frontier, 1865-1900*, Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Jacob, Heinrich Eduard (1944). *Six Thousand Years of Bread. Its Holy and Unholy History*. New York: Doubleday.
- Müller, Olaf L. (2019). *Zu schön, um falsch zu sein. Über die Ästhetik in der Naturwissenschaft*, Frankfurt a. Main: Fischer.
- Polan, Michael (2001). *The Botany of Desire. A Plant's Eye View of the World*, London: Bloomsbury.
- Soentgen, Jens (2019). *Konfliktstoffe. Über Kohlendioxid, Heroin, und andere strittige Substanzen*, München: Oekom.
- Stöcklin, Jürg (2007). *Die Pflanze. Moderne Konzepte der Biologie*, Eidgenössische Ethikkommission für die Biotechnologie im Außerhumanbereich EKAH und Ariane Willemsen (Hgg.), Bern: Bundesamt für Bauten und Logistik.
- Tompkins, Jane (1986). *Sensational Design. The Cultural Work of American Fiction, 1750-1860*, New York: Oxford UP.
- Zapf, Hubert (2002). *Literatur als kulturelle Ökologie. Zur kulturellen Funktion imaginativer Texte an Beispielen des amerikanischen Romans*, Tübingen: Niemeyer.

# Umweltmigration am Urmiassee (Iran)

## PROJEKTTEAM

- Prof. Dr. Matthias Schmidt  
schmidt@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2268
- M.Sc. Sebastian Transiskus  
sebastian.transiskus@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2762

## PROJEKTPARTNER

- Universität Augsburg
- Universität Urmia

## FÖRDERUNG

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) unter dem Geschäftszeichen SCHM 159/9-11

## PROJEKTLAUFZEIT

- Januar 2020 – Dezember 2022

## Worum geht es?

Der Klimawandel und die Ausbeutung natürlicher Ressourcen bedrohen Ökosysteme und Gesellschaften weltweit. Der Urmiassee im nordwestlichen Iran, einst der größte Binnensee des Iran, ist seit Mitte der 1990er Jahre - als Ergebnis eines übermäßigen Wasserverbrauchs in seinem Einzugsgebiet und auch des Klimawandels - um mehr als 80% seiner ursprünglichen Fläche geschrumpft. Obgleich die Folgen für die am See lebende ländliche Bevölkerung in ihrem gesamten Ausmaß noch nicht absehbar sind, ist die Region bereits heute durch eine dramatische Verschlechterung der Boden- und Süßwasserressourcen, Gesundheitsprobleme, wirtschaftlichen Niedergang, Arbeitslosigkeit und Abwanderung gekennzeichnet.

In jüngster Zeit hat die Forschung im Kontext der Wechselwirkungen zwischen Umwelt, Klimawandel und Migration zugenommen und verschiedene Studien prognostizieren große Migrationsbewegungen aufgrund immer mehr und immer intensiverer Umweltkatastrophen. Doch empirische Daten, die diesen Zusammenhang belegen, sind bisher kaum vorhanden. Es scheint zwar gesichert, dass Naturkatastrophen und schleichende Umweltdegradation Migrationsbewegungen auslösen, häufig indirekt durch verschiedene wirtschaftliche, soziale und politische Folgewirkungen und Prozesse. Aufgrund der Komplexität und Interdependenz der Prozesse ist es jedoch kaum möglich, Umweltfaktoren als zentrales auslösendes Moment für Migrationen zu identifizieren. Deshalb existiert bis heute keine allgemein anerkannte Definition für „Umweltmigration“. Demnach besteht ein erheblicher Forschungsbedarf, um das komplexe Zusammenspiel der zahlreichen Faktoren zu verstehen, die die Entscheidung von Menschen für oder gegen Migration beeinflussen –



## Umweltmigration am Urmiassee (Iran)

insbesondere im Kontext langsam fortschreitender Umweltdegradation.

Tatsächlich werden Umweltkatastrophen überwiegend mit plötzlich eintretenden Ereignissen wie Waldbränden, Flutkatastrophen oder Hurrikanen assoziiert, die oftmals zum Verlust von Menschenleben und Lebensräumen führen. Ereignisse wie der Meeresspiegelanstieg, Gletscherrückgang, Versalzung, Landdegradation, Dürreperioden, Wüstenbildung oder Verlust der biologischen Vielfalt erfolgen aber sehr viel langsamer. Obwohl dies der Politik die Möglichkeit gibt, angemessene Reaktionen vorzubereiten, kann auch die scheinbar mangelnde Dringlichkeit zum Problem werden. Die Nichteindämmung schleichender Umweltdegradation führt dazu, dass ganze Gemeinschaften anfällig und exponiert werden und es zu schweren sozioökonomischen Krisen kommen kann.

Die Austrocknung des Urmiassees ist ein Beispiel für solch eine „schleichende“ Naturkatastrophe. Erfahrungen von anderen ausgetrockneten Seen auf der ganzen Welt zeigen sowohl aktuelle als auch zukünftige Bedrohungen und Risiken für die nahe am Urmiassee lebende ländliche Bevölkerung. So litt die Bevölkerung rund um den Aralsee unter akuten Gesundheitsproblemen, die durch die fortschreitende Austrocknung des Sees und Wasserkontamination verursacht wurden. Wenngleich Parallelen zwischen dem Urmiassee und dem Aralsee offensichtlich sind, so unterscheiden sich die Phänomene doch deutlich. Beispielsweise sind die Geschwindigkeit der Austrocknung sowie die Anzahl der betroffenen Menschen am Urmiassee im Vergleich wesentlich höher. Zudem basiert diese Umweltkatastrophe auf anderen soziopolitischen Rahmenbedingungen. Das Potenzial für Winderosion am Urmiassee ist hoch, da der Rückgang von mehr als zwei Dritteln des einstma-

ligen Seegebiets ein salzbedecktes Seebett von tausenden Quadratkilometern hinterlassen hat. Dementsprechend hat sich in den letzten Jahren das Auftreten salzhaltiger Staubstürme verstärkt, die durch Salzablagerungen auf Ackerböden und Salzpartikel in der Luft das umliegende Ackerland, die Viehzucht und die Gesundheit der Menschen bedrohen.



*Abb. 1: Das verfallene, ehemals touristisch genutzte Schiff „Noah's Ark“ im Nordosten des Urmiassees. Die naheliegende Hafenstadt Sharafkhaneh lockte vor der Austrocknung des Sees Touristen von nah und fern an. Viele Menschen verloren mit dem Verschwinden des Sees ihre Arbeit und mussten einen großen Wertverlust ihrer Ländereien hinnehmen.*

Die Umweltdegradation im Einzugsgebiet des Urmiassees wirkt sich auch negativ auf die wirtschaftliche Entwicklung und Produktivität aus, insbesondere in den wichtigsten Wirtschaftssektoren der Region - Landwirtschaft und Viehzucht. Salzablagerungen auf Ackerflächen verursachen einen Rückgang der landwirtschaftlichen Erträge, während gleichzeitig für das Auswaschen dieser



## Umweltmigration am Urmiassee (Iran)

Salze aus den Böden der Wasserbedarf enorm steigt. Dies bedroht die Existenz bestehender Anbausysteme und Lebensgrundlagen. Eine weitere mögliche Beschäftigung für die lokale Bevölkerung in der Nähe der Küstenlinie des Urmiassees bot der Tourismussektor (vgl. Abb. 1). Bis zur Jahrtausendwende wurden neue Touristenorte errichtet, ehe die Anzahl der Besucher infolge der Austrocknung des Sees kontinuierlich sank.

### Zielsetzung und Methoden

Im Fokus dieses Forschungsprojekts steht die Erforschung des Zusammenspiels gravierender Umweltveränderungen, sozioökonomischer Konsequenzen und lokaler Anpassungsstrategien der ländlichen Bevölkerung. Das Ziel des Teilprojekts "Environmental Change and Migration at Lake Urmia" besteht darin, durch empirische Erhebungen ein Verständnis von der Relevanz von lokalen Umweltfaktoren in Migrationsentscheidungen zu gewinnen sowie Erkenntnisse darüber zu erlangen, welche Rolle Migration für die Schaffung von Resilienz in den von Umweltdegradation betroffenen Regionen spielt. Daran ist eine Vielzahl miteinander verketteter Forschungsfragen geknüpft:

- Warum migrieren Menschen bzw. beabsichtigen, die Region zu verlassen? Welche Rolle spielt die Wahrnehmung der Umweltdegradation am Urmiassee sowie deren weitreichende Konsequenzen in der Migrationsentscheidung?
- Warum verbleiben manche Menschen in besonders stark betroffenen Gebieten, während andere migrieren? Welche weiteren Bewältigungs- und Anpassungsstrategien gibt es?
- Wie gestaltet sich der Ablauf von Migrationsprozessen (Migrationsentscheidung, Wahl des Ziels, Netzwerke)?
- Welche Bevölkerungsgruppen migrieren und wie ist Migration in das allgemeine Lebensunterhaltungssystem eingebettet?
- Wie verändert sich die Lebenssituation von Migranten im Zielgebiet?
- Welche Konsequenzen ergeben sich für die Herkunftsgebiete? Trägt die Abwanderung eines Familienmitglieds zu erhöhter Resilienz der Haushalte bei – evtl. durch die positiven Auswirkungen von Rücküberweisungen? Oder führt Abwanderung zu Verödung und einer Verschlechterung der Infrastruktur am Herkunftsort? (vgl. Abb. 2).

Für eine erfolgreiche Bearbeitung der Forschungsfragen ist es wichtig, sich im Zuge der Forschung auf die Mikroebene zu begeben und Teile der ländlichen Bevölkerung zu befragen, die von den Auswirkungen des Urmiassee-Desasters betroffen sind bzw. sich mit existenziellen Risiken konfrontiert sehen. Methodisch stützt sich das Projekt auf qualitative und quantitative Daten, die mit Hilfe offener und halbstrukturierter Interviews mit ländlichen Dorfbewohner\*innen rund um den Urmiassee erhoben werden. Im Kontext des Forschungsvorhabens sind die Aussagen von Migrant\*innen und Nichtmigrant\*innen sowie deren Familien von Interesse. Über die Methode des „chain referral sampling“ soll daher im Zuge der Forschung eine möglichst große Anzahl von Migrant\*innen bzw. Migrantennetzwerken identifiziert werden.

## Umweltmigration am Urmiassee (Iran)



*Abb. 2: Bushaltestelle im Dorf „Sarai“, östlich des Urmiasees. Busse verkehren hier jedoch schon seit längerer Zeit nicht mehr. Als Folge der Umweltdegradation haben viele ländliche Bewohner ihre Heimat verlassen. Der öffentliche Nahverkehr zwischen kleineren Dörfern und Städten wie Urmia und Täbris wurde in der Folge immer weiter eingestellt. Für den Weg zur Arbeit oder die Schule bleiben nur das eigene Auto oder ein Taxi.*

### Durchführung und Ausblick

Ein besonderes Merkmal dieses humangeographischen Forschungsprojekts besteht darin, Menschen eine Stimme zu geben, die schwierigen sozioökonomischen Kontexten ausgesetzt sind und individuell ihre gegenwärtige Situation schildern können, die über eine allgemeine Beschreibung der Folgen der Katastrophe hinausreicht.

Empirische Feldforschung im Iran ist ein sensibles Thema und kann nur mit Unterstützung offizieller Institutionen durchgeführt werden. Zu diesem Zweck wurde ein „Memorandum of Understanding“ zwischen der Universität

Augsburg und der Universität Urmia geschlossen, das die Durchführung empirischer Feldforschung vor Ort gewährleistet. Neben einer 10-tägigen Explorationsreise im September 2018 fand zwischen August und Oktober 2019 die erste längere Feldphase des Projekts statt. Die Interviews wurden mit Hilfe einer erfahrenen Übersetzerin geführt, wodurch auch der Zugang zu weiblichen Interviewpartnern ermöglicht wurde.

Die bisherigen Ergebnisse zeigen deutlich, dass die arme ländliche Bevölkerung große Schwierigkeiten bei der Anpassung an die sich ändernden Lebensbedingungen hat. Menschen sind auf Ressourcen wie sauberes Trinkwasser, Wasser für Bewässerungszwecke, gesunde Luft und fruchtbare Böden angewiesen, deren Verfügbarkeit im Verlauf der fortschreitenden Umweltkrise immer weiter zurückgeht. Migration als Anpassungsstrategie spielt eine wichtige Rolle in der Region, wobei „die Präsenz des Umweltfaktors“ in Migrationsentscheidungen allgegenwärtig scheint.

Durch die Interviews mit Menschen unterschiedlichen persönlichen Hintergrunds und Alters aus verschiedenen Regionen rund um den See wurde deutlich, dass das Gros der lokalen Bevölkerung nur über begrenzte Ressourcen und Fähigkeiten verfügt, um sich mittelfristig an die sich ändernden Umweltbedingungen anzupassen. Viele unserer Gesprächspartner fühlten sich in ihrer Situation „gefangen“ (trapped). Dabei handelt es sich insbesondere um Personen aus armen Haushalten, die oft am anfälligsten für Umweltveränderungen sind, aber nicht über das soziale oder ökonomische Kapital verfügen, um auf die Degradation ihrer Umwelt durch Abwanderung zu reagieren. Sicher scheint: Setzt sich der Trend der Umweltdegradation am Urmiassee fort, ist es wahrscheinlich, dass sich

## Umweltmigration am Urmiassee (Iran)

mehr und mehr Menschen für eine vorübergehende oder dauerhafte Migration entscheiden werden, da ihre Existenzgrundlage und ihr wirtschaftliches und soziales Wohlergehen bedroht sind.

Nähere Informationen zu dem Projekt finden sich hier:

<https://www.uni-augsburg.de/de/fakultaet/fai/geo/prof/geohum/transformationen-im-globalen-sueden/human-made-disaster-at-lake-urmia-iran/>

### Literatur

- AghaKouchak A., Norouzi H., Madani K. et al. (2015): Aral Sea syndrome desiccates Lake Urmia: Call for action. In: *Journal of Great Lakes Research* 41 (1), 307-311.
- Black R., Adger W.N., Arnell N. W., Dercon S., Geddes A., Thomas D. (2011): The effect of environmental change on human migration. In: *Global Environmental Change* 21, 3-11.
- IOM (2014): *IOM Outlook on Migration, Environment and Climate Change*. International Organization for Migration.
- Matias D.M. (2017): *Slow Onset Climate Change Impacts*. Global Trends and the Role of SciencePolicy Partnerships. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik.
- Shadkam S., Ludwig F., van Vliet M. et al. (2016): Preserving the world second largest hypersaline lake under future irrigation and climate change. In: *The Science of the Total Environment* 559, 317–325.
- UK Government Office for Science (2011): *Foresight: Migration and Global Environmental Change: Future Challenges and Opportunities*. Final Project Report. Government Office for Science, London.
- Warner, K., Hamza, M., Oliver-Smith, A., Renaud, F., Julca, A. (2010): Climate change, environmental degradation and migration. In: *Natural Hazards*, 55 (3), 689–715.

# Folgen der Wasserknappheit: Politische Ökologie am Urmiassee (Iran)

## PROJEKTTEAM

- Prof. Dr. Matthias Schmidt  
schmidt@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2268
- M.Sc. Robert Gonda  
robert.gonda@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2296
- M.Sc. Sebastian Transiskus  
sebastian.transiskus@geo.uni-augsburg.de  
Tel: 0821 598 2762

## Projektpartner

- Universität Urmia

## Förderung

- Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) unter dem Geschäftszeichen SCHM 159/9-1

## Projektlaufzeit

- Januar 2020 - Dezember 202

## Worum geht es?

Der Urmiassee im Nordwesten des Iran droht auszutrocknen. Vor rund 25 Jahren nahm der zweitgrößte Salzsee der Erde noch eine Fläche von 5.500 km<sup>2</sup> ein, was etwa zehn Mal der Größe des Bodensees entspricht. Bis heute verlor der Urmiassee 90% seines Wasservolumens, gleichzeitig fiel sein Seespiegel um sieben Meter. Parallelen zur Umweltkatastrophe am Aralsee drängen sich auf, wobei im Falle des Urmiassees deutlich mehr Menschen und ein sensibleres Ökosystem betroffen sind. Bis vor kurzem

erfüllte der Urmiassee noch zahlreiche ökologische und sozioökonomische Funktionen, weshalb er 1976 zum UNESCO-Biosphärenreservat erklärt wurde. Die rasche Austrocknung des Urmiassees führte jedoch zu einer erhöhten Salzkonzentration des Seewassers und somit zu Artensterben und einer deutlichen Abnahme der Biodiversität.

Die Gründe für das Verschwinden des Urmiassees wurden bereits eingehend untersucht und zeigen, dass sich sowohl der Klimawandel als auch der anthropogene Einfluss negativ auf den Wasserkreislauf auswirken.

Im wissenschaftlichen Diskurs herrscht jedoch nahezu Einigkeit darüber, dass in erster Linie die Eingriffe des Menschen in den Wasserkreislauf zu dem Umweltdesaster geführt haben. So errichtete der politisch isolierte iranische Staat rund 50 Staudämme im Einzugsgebiet des Urmiassees, um das angestaute Wasser für die Landwirtschaft nutzbar zu machen und somit eine rapide wachsende Bevölkerung zu ernähren (s. Abb. 1). Die steigende Anzahl an Stauseen erhöht allerdings die evaporierte Wassermenge, die somit den Urmiassee über die Zuflüsse nicht mehr erreicht. Ferner führt die hohe Nachfrage nach Wasser im Primären Sektor dazu, dass 90.000 Tiefbrunnen - davon etwa 50% illegal - gebohrt wurden. Darüber hinaus werden jährlich etwa 3 Milliarden Kubikmeter Wasser aus dem bisher größten Zufluss des Urmiassees, dem Zarrineh-Rud, über hunderte Kilometer in die Metropolregion Täbriz umgeleitet (Henareh Khalyani et al. 2014).

Während die erwähnten Ursachen und die ökologischen Folgen der Austrocknung des Urmiassees bereits eingehend untersucht wurden, mangelt es an Arbeiten, die sich mit den sozialen Konsequenzen dieser anthropogen verursachten Umweltkatastrophe auseinandersetzen. Ins-

## Folgen der Wasserknappheit: Politische Ökologie am Urmiassee (Iran)

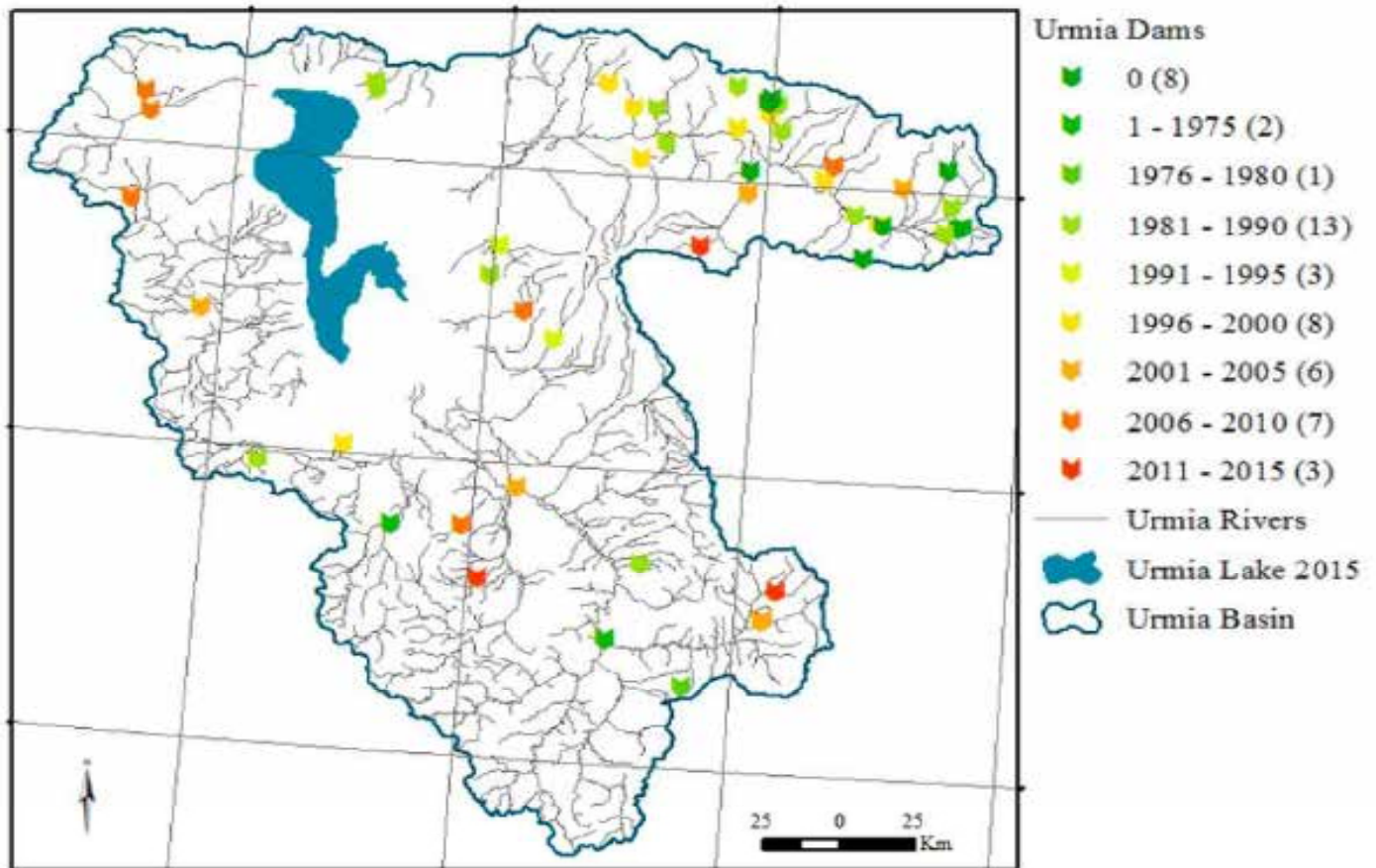


Abb. 1: Dämme in der Region des Urmiasees (Taravat 2016).

# Folgen der Wasserknappheit: Politische Ökologie am Urmiassee (Iran)

besondere die Folgen für die ländliche Bevölkerung rund um den Urmiassee, die durch ihre landwirtschaftliche Tätigkeit ca. 90% der Frischwasservorkommen konsumiert, sind bisher kaum erforscht.

## Zielsetzung und Methoden

Das Teilprojekt „Managing Scarcity: Political Ecology of the Hydrosocial Cycle“ untersucht die massiv unter Druck geratene Wasserwirtschaft in der Region des Urmiassees und versucht, Konflikte zwischen staatlichen Vorschriften, integrierten wasserwirtschaftlichen Lösungen und lokalen Interessen zu identifizieren. Dies wird einerseits durch eine empirische Analyse des lokal praktizierten Wassermanagements erreicht, andererseits durch die Untersuchung soziokultureller, politischer und sozioökonomischer Faktoren und Rahmenbedingungen. Es gilt herauszufinden, was die Gründe und Folgen der Transformation der lokalen Wassernutzung sind. Denn transformierte Strategien des Wassermanagements können Folge sein von a) der verminderten Wasserverfügbarkeit, b) der Sensibilisierung für eine offensichtliche Umweltkatastrophe, c) einem bestimmten, vorherrschenden Umweltdiskurs oder d) umgesetzten staatlichen Vorschriften. Daher ist es notwendig, die Rolle jedes Prozesses und die Folgen vor Ort zu analysieren.

Kurz zusammengefasst soll dieses Teilprojekt u.a. folgende Forschungsfragen klären:

- Welche Arten von Kooperationsvereinbarungen existieren in lokalen Gemeinschaften, wie funktionieren sie und welche Spannungen in Bezug auf Wasser gibt es?
- Welche Gemeinden leiden am meisten unter Wasser-

knappheit, welche haben Wasserreichtum und wie spiegelt sich dies in der Wasserwirtschaft wider?

- Wie beeinflussen politische Aktionen und Regulierungen (z.B. Preisregelungen, Subventionen, Sanktionen) die Wasserwirtschaft der lokalen Gemeinschaften und die individuelle Wassernutzung?

Die Studie nimmt Bezug auf zwei theoretische Ansätze, auf die Politische Ökologie und den Hydrosocial Cycle. Im Allgemeinen versucht die Politische Ökologie nachzuvollziehen, welchen Einfluss nationale oder internationale politische Entscheidungen auf das sozioökologische Umfeld vor Ort haben (Robbins 2012; Bryant 2015; Perreault et al. 2015). Dementsprechend wird es möglich, komplexe Ereignisse wie das sukzessive Verschwinden des Urmiassees einheitlich zu erklären. Das Konzept des Hydrosocial Cycle, maßgeblich geprägt durch Swyngedouw (2009), geht von der Prämisse aus, dass Menschen- und Wassersysteme inhärent verbunden sind. Diese Forschungsrichtung versucht zu erklären, wie die Manipulation der Wasserressourcen ein Ausdruck sozialer Macht sein kann (Linton, Budds 2014: 173). Methodisch greift der Hydrosocial Cycle hierbei auf die sogenannte Akteurs-Netzwerk-Theorie (Latour 2005) zurück, die relevante Entscheidungsträger identifiziert und ihre Auswirkungen auf das hydrosoziale System bewertet sowie politische und materielle Ungleichheiten aufdeckt (Wesselink et al. 2017).

Im Rahmen des Projekts wurden bereits zwei Feldphasen durchgeführt. Der erste Aufenthalt im September 2018 diente in erster Linie dazu, erste Eindrücke von der Umweltkrise am Urmiassee zu erhalten, potentielle Forschungsfragen zu entwickeln und Kontakte vor Ort zu knüpfen. Während der zweiten Feldphase im September



## Folgen der Wasserknappheit: Politische Ökologie am Urmiassee (Iran)

2019 wurden empirische Daten in Form von Leitfadenterviews und quantitativen Fragebögen erhoben. Die hierbei besuchten rund 40 Dörfer befanden sich in der Nähe des Urmiassees, um somit unmittelbare Effekte der Katastrophe erfassen zu können. Hierzu zählen unter anderem: Salzintrusionen im Grundwasser, Salzstürme, Wasserknappheit sowie lange Dürreperioden. Zur Verständigung mit den Interviewpartnern wurde eine Dolmetscherin zur Hilfe gezogen, die sowohl die Landessprache Farsi als auch die regional vorherrschende Sprache Azeri beherrscht. Für die Zukunft befinden sich zwei weitere Feldforschungsphasen in Planung. Hierbei sollen weiterhin Gespräche mit der ländlichen Bevölkerung und mit Experten, wie Landwirten, Vertretern offizieller Wasserbehörden, Kanalwächtern und Dorfältesten geführt werden (s. Abb. 2). Das Projekt wird ab Januar 2020 mit einer Laufzeit von drei Jahren von der DFG gefördert.

### Literatur

- Bryant R.L. (ed.) (2015): The International Handbook of Political Ecology. Elgar, Cheltenham.
- Henareh Khalyani A., Mayer A.L., Norman E.S. (2014): Water flows toward power: Socioecological degradation of Lake Urmia, Iran. In: Society & Natural Resources 27(7), 759–767.
- Linton J., Budds J. (2014): The hydrosocial cycle. Defining and mobilizing a relational-dialectical approach to water. In: Geoforum 57, 170–180.
- Perreault T., Bridge G., McCarthy J. (eds.): The Routledge Handbook of Political Ecology. Routledge, Abingdon.



Abb. 2: Interview mit Landwirten nordöstlich der Stadt Urmia im September 2019 (Gonda 2019).



## Folgen der Wasserknappheit: Politische Ökologie am Urmiassee (Iran)

- Robbins P. (2012): Political Ecology. A critical Introduction. Second Edition. J. Wiley-Blackwell, Malden.
- Swyngedouw E. (2009): The political economy and political ecology of the hydrosocial cycle. In: Journal of Contemporary Water Research & Education 142, 56-60.
- Taravat A., Rajaei M., Emadodin I. et al. (2016): A spaceborne multisensory, multitemporal approach to monitor water level and storage variations of lakes. In: Water 8(11), 478.
- Wesselink A., Kooy M., Warner J. (2017): Sociohydrology and hydrosocial analysis. Toward dialogues across disciplines. In: Wiley Interdisciplinary Reviews: Water 4 (2), e1196.

# Geschichte der Nachhaltigkeit(en). Diskurse und Praktiken seit den 1970er Jahren

## PROJEKTTEAM

- M.A. Karen Froitzheim  
karen.froitzheim@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3569
- M.A. Nadja Hendriks  
nadja.hendriks@philhist.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3569
- M.A. Sabina Kubeke  
Sabina.kubeke@herder-institut.de  
Tel. 06421 184 207
- Prof. Dr. Marita Krauss  
marita.krauss@philhist.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5643
- B. Ed. Ludwig Lenzgeiger  
ludwig.lenzgeiger@philhist.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5809
- PD Dr. Christian Lotz  
Christian.lotz@herder-institut.de  
Tel. 06421 184 142
- Dr. Eva Oberloskamp  
oberloskamp@ifz-muenchen.de  
Tel.: 089 12688 178
- M.A. Pascal Pawlitta  
pawlitta@ifz-muenchen.de  
Tel.: 089 4111501 15
- Prof. Dr. Elke Seefried  
seefried@ifz-muenchen.de  
Tel.: 089 12688 139
- PD Dr. Jens Soentgen  
soentgen@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3560

## PROJEKTPARTNER

- Institut für Zeitgeschichte München – Berlin (IfZ)
- Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung (HI)

## FÖRDERUNG

- Leibniz-Wettbewerbsverfahren (SAW)

## PROJEKTLAUFZEIT

- Juli 2017 – Juni 2020

## Worum geht es?

Nur wenige Schlagworte sind in den letzten Jahrzehnten stärker rezipiert worden als das der Nachhaltigkeit. Häufig wird Nachhaltigkeit dabei als sogenanntes Drei-Säulen-Modell definiert, das gleichberechtigt die drei Dimensionen Ökonomie, Ökologie und Soziales umfasst (Spindler 2012, Pufé 2012). Zunehmend kritisch reflektieren wissenschaftliche Arbeiten jedoch insbesondere die damit einhergehenden „Verflachungstendenzen“ des Konzepts (Soentgen 2016). In der Forschung entwickelte sich in den vergangenen Jahren eine Kontroverse um die Frage der Gewichtung der einzelnen Dimensionen, häufig unter dem Verweis auf das „Primat der Ökologie“ und die Notwendigkeit einer intakten Umwelt als Lebensgrundlage der Menschheit (von Hauff & Kleine 2009). Nachhaltigkeit steht durch die Idee der Generationengerechtigkeit und durch die dynamische Entwicklung der Begriffsverwendung überdies in engster Beziehung zum Faktor Zeit.

# Geschichte der Nachhaltigkeit(en). Diskurse und Praktiken seit den 1970er Jahren

## Ziel und aktueller Stand der Arbeiten

Trotz der heutigen Omnipräsenz des Begriffs der Nachhaltigkeit (Rödel 2013, von Detten 2013, Seefried 2015) mangelt es an genauer Kenntnis seiner zeithistorischen Entwicklung, Bedeutungsdimensionen und diskursiven Funktionen. Diese Kenntnis ist indes für das Verständnis aktueller Umwelt-, Ressourcen- und Entwicklungsdiskussionen essenziell. Das im Rahmen des Wettbewerbsverfahrens der Leibniz-Gemeinschaft (SAW) bewilligte Projekt „Geschichte der Nachhaltigkeit(en)“ zielt daher darauf ab, Diskurse über „Nachhaltigkeit“ und entsprechende soziale Praktiken seit den 1970er Jahren zu analysieren. Im Zentrum stehen Bedeutungsdimensionen, innere Spannungsfelder und Instrumentalisierungen des Begriffs und damit die Frage, welche Ordnungsmuster, Zielsetzungen und Interessen sich mit Diskursen um Nachhaltigkeit und die korrespondierenden Praktiken in Politik, Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft verbanden.

Das von Elke Seefried (Institut für Zeitgeschichte München–Berlin, IfZ) gemeinsam mit den Projektpartnern im Leibniz-Wettbewerbsverfahren eingeworbene Verbundprojekt verkoppelt die Untersuchung der globalen Dimension von „Nachhaltigkeit“ mit transnationalen und vergleichend angelegten nationalen Perspektiven (im Zentrum stehen die Bundesrepublik, Großbritannien und Polen) und dem Blick auf die lokale Ebene. Es baut auf vorliegenden Forschungen zu Nachhaltigkeitsverständnissen des 18. und 19. Jahrhunderts auf und konzentriert sich auf jene Phase, in der sich der Begriff aus dem forstwirtschaftlichen Kontext löste, in unterschiedliche Kontexte diffundierte und für verschiedenste Zielsetzungen genutzt wurde.

An dem Verbundprojekt ist neben dem Wissenschaftszen-

trum Umwelt, dem Lehrstuhl für Europäische Regionalgeschichte/Bayerische und Schwäbische Landesgeschichte der Universität Augsburg und dem IfZ das Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung/Institut der Leibniz-Gemeinschaft (Marburg) beteiligt.

Die Einzelprojekte umfassen eine Begriffsgeschichte der Nachhaltigkeit, ein Postdoc-Projekt zu ökologischen Leitbildern in der bundesdeutschen und britischen Energiepolitik, ein Dissertationsprojekt zur Entstehung der internationalen Klimapolitik (alles IfZ) sowie ein Projekt über Nachhaltigkeit in Polen, das am Herder-Institut für historische Ostmitteleuropaforschung bearbeitet wird.

Hinzu kommen zwei Teilprojekte an der Universität Augsburg.

Im Teilprojekt „Kommunale Umwelt(en) im Spannungsfeld von Zivilgesellschaft und Politik in Bayern von 1970-2000. Leitbilder und Handlungspraktiken“ (Lehrstuhl für Europäische Regionalgeschichte/Bayerische und Schwäbische Landesgeschichte/WZU) wird die Entwicklung der kommunalen Umweltpolitik in Bayern anhand von sechs Untersuchungsgemeinden seit den 1970er Jahren untersucht. Zentrale Fragen sind dabei: Welche Leitbilder beeinflussten die kommunale Umweltpolitik seit den 1970er Jahren und welche Akteure prägten die Diskussionen um das Themenfeld „Umwelt“ in der Kommunalpolitik? Von besonderem Interesse ist dabei auch die Interaktion zwischen Zivilgesellschaft und Kommunalpolitik in diesem Feld. Ein zentrales Kapitel bildet der Einfluss des Leitbildes der „nachhaltigen Entwicklung“ auf die kommunalpolitische Verhandlung von Umweltthemen ab Mitte der 1990er Jahre. Zu diesem Zeitpunkt fand das von den Vereinten Nationen 1992 proklamierte Leitbild der „nachhaltigen Entwicklung“ auch auf lokaler Ebene zunehmend

## Geschichte der Nachhaltigkeit(en). Diskurse und Praktiken seit den 1970er Jahren

Berücksichtigung (Agenda 21, 1992). Durch die argumentative Vereinnahmung der „nachhaltigen Entwicklung“ von verschiedenen kommunalpolitischen Akteursgruppen hatte das Leitbild, so die These, einen starken Einfluss auf die politische Verhandlung von Umweltthemen und auf das Verhältnis der an diesen Diskussionen beteiligten Akteure. Von Interesse ist hier, wie kommunale Träger, Verbände, Parteien sowie Umwelt- und Bürgerinitiativen (Hasenöhrle 2011) agierten und welche Themen als nachhaltig diskutiert, gedeutet und genutzt wurden. Indem bei der Untersuchung ein Zeitraum von dreißig Jahren betrachtet wird, sollen umweltpolitische Leitbilder und Handlungspraktiken herausgefiltert und das Leitbild der „nachhaltigen Entwicklung“ auf der kommunalen Ebene zeitgeschichtlich in seiner Bedeutung kontextualisiert werden.

Das Teilprojekt „Nachhaltigkeit in Unternehmen - Konzepte, Praktiken, Spannungsfelder“ (WZU) erkundet, wie multinationale Unternehmen zwischen den späten 1980er und 2000er Jahren Nachhaltigkeitskriterien entwickelten, implementierten, kommunizierten und inszenierten. Zum einen nehmen diese aufgrund ihrer strukturellen Beschaffenheit und Finanzkraft häufig eine Vorreiterrolle ein, zum anderen stehen sie - auch im Rahmen allgemeiner Globalisierungskritik - unter besonderer Beobachtung. Als vielschichtiges, internationales Konzept mit einer ökonomischen Dimension berührt Nachhaltigkeit den Wirkungsraum von Unternehmen existentiell - ein Umstand, der sich nicht zuletzt in der Fülle an Managementliteratur zur Thematik offenbart, aber auch in der zum Teil unter dem Begriff „Greenwashing“ kritisierten öffentlichkeitswirksamen Unternehmenskommunikation zu vermeintlich nachhaltigen Praktiken und

Strategien (Rödel 2013, Pufé 2012). Auch die Forschung verweist darauf, dass Nachhaltigkeit im Nachgang der entsprechenden internationalen politischen Konferenzen als Verantwortungskonzept von Unternehmen diskutiert wurde (Nuhn 2013). Das Projekt verfolgt insbesondere einen unternehmensgeschichtlichen Ansatz, analysiert aber zugleich Verbindungslinien und Austauschprozesse zwischen Unternehmen und Politik, ausgehend von der Frage, inwiefern politische Vorhaben und Kommunikationsprozesse Praktiken der Unternehmen beeinflussten und umgekehrt Unternehmen auf Politik und Öffentlichkeit einwirkten, um bestimmte Bedeutungsdimensionen von Nachhaltigkeit und eigene Interessen durchzusetzen. Ebenso wird analysiert, ob Unternehmen Nachhaltigkeitskriterien entlang nationaler Leitlinien entwickelten oder stärker branchenspezifisch handelten. Das Projekt konzentriert sich auf einen deutsch-britischen Vergleich, der gleichsam auf die Analyse der Bedeutung differierender wirtschafts- und sozialpolitischer Konzepte (der christlich-liberalen Koalition und des Thatcherismus) für die Entstehung betrieblicher Nachhaltigkeitskriterien abzielt. Es wurden vier Unternehmen aus der Konsumgüter- und Pharmaindustrie ausgewählt, deren Archive eine umfassende Quellensichtung gewähren.

Das Projektteam hat seine Arbeit im vergangenen Jahr fortgesetzt und erneut im Rahmen verschiedener nationaler und internationaler Tagungen, Vortragsreihen und Workshops präsentiert.

Am 25./26. Februar 2019 fand auf der Umweltforschungsstation Schneefernerhaus auf der Zugspitze die von Seiten des WZU organisierte Tagung „Nachhaltigkeit und weitere umweltpolitische Ideale“ statt. Das Projekt „Geschichte der Nachhaltigkeit(en)“ wurde in diesem inter-

# Geschichte der Nachhaltigkeit(en). Diskurse und Praktiken seit den 1970er Jahren

disziplinären Rahmen von Prof. Dr. Elke Seefried, Nadja Hendriks und Karen Froitzheim präsentiert.

In einem hochkarätigen Workshop diskutierte das gesamte Projektteam ferner am 7. Mai 2019 in Berlin zum Thema "Zeitgeschichte der Nachhaltigkeit". Die Tagung fand als Kooperation zwischen der Heinrich-Böll-Stiftung, dem Institut für Zeitgeschichte München-Berlin, der Universität Augsburg und dem IASS Potsdam statt. Als externer Speaker trat unter anderem Prof. Dr. Günther Bachmann vom Rat für Nachhaltige Entwicklung auf. Deutlich zeigte sich die Anschlussfähigkeit des Verbundprojekts auch über disziplinäre und akademische Grenzen hinaus.

Neben dem Workshop des Gesamtprojekts wurden die an der Universität Augsburg angesiedelten Dissertationsprojekte im Rahmen verschiedener Tagungen vorgestellt, erste Ergebnisse diskutiert und internationale Forschungsarbeit geleistet. Nadja Hendriks fokussierte in diesem Jahr auf die Internationalität und Vernetzung des Leitbilds Nachhaltigkeit. Im Rahmen eines zweimonatigen Forschungsaufenthalts in Harare, der Hauptstadt von Simbabwe, führte sie Interviews mit ZeitzeugInnen durch und arbeitete für das dortige Goethe-Zentrum. Zudem widmete Nadja Hendriks sich der empirischen Anwendung von Forschungsergebnissen und der Überführung des Leitbilds Nachhaltigkeit in die Praxis. Seit Januar 2019 ist sie die Vertreterin der Universität Augsburg im Nachhaltigkeitsbeirat der Stadt Augsburg sowie Sprecherin des Arbeitskreises für Nachhaltigkeit an der Universität Augsburg. Das international vergleichende Teilprojekt zur Entstehung von Nachhaltigkeit in deutschen und britischen Unternehmen stellte Karen Froitzheim im Rahmen eines Gastvortrags an der Bauhaus-Universität Weimar vor. Hierbei fokussierte sie vor allem auf unterschiedliche

Narrative in der Nachhaltigkeitskommunikation der Unternehmen. Im zurückliegenden Jahr standen zudem die Kontaktzonen zwischen Politik und Ökonomie im Vordergrund der Forschung. Die Quellenarbeit konnte durch Aufenthalte im Bundesarchiv in Koblenz sowie im Parlamentsarchiv des Deutschen Bundestages in Berlin erfolgreich abgeschlossen werden.

## Literatur

- Hasenöhl, U. (2011): Zivilgesellschaft und Protest. Eine Geschichte der Naturschutz- und Umweltbewegung in Bayern 1945-1980, Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht Verlag.
- Lotz, C. (2015): Expanding the Space for Future Resource Management. Explorations of the Timber Frontier in Northern Europe and the Rescaling of Sustainability during the 19th Century, *Environment and History* 21 (2015), S. 257–279.
- Nuhn, I. (2013): Entwicklungslinien betrieblicher Nachhaltigkeit nach 1945. Ein deutsch-niederländischer Unternehmensvergleich, Münster: Waxmann.
- Pufé, I. (2012): Nachhaltigkeitsmanagement, München: Carl Hanser Verlag.
- Rödel, M. (2013): Die Invasion der ‚Nachhaltigkeit‘. Eine linguistische Analyse eines politischen und ökonomischen Modewortes, *Deutsche Sprache* 2, S. 115–142.
- Seefried, E. (2015): Rethinking Progress. On the Origin of the modern Sustainability Discourse, *Journal of Modern European History* 13 (3), S. 377-400.

## Geschichte der Nachhaltigkeit(en). Diskurse und Praktiken seit den 1970er Jahren

- Soentgen, J. (2016): Nachhaltigkeit als Nießbrauch. Das römische Rechtsinstitut des usus fructus und seine systematische Bedeutung für das Konzept der nachhaltigen Nutzung, GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society 25 (2), S. 117–125.
- Spindler, E. A. (2012): Geschichte der Nachhaltigkeit. Vom Werden und Wirken eines beliebten Begriffes, <https://www.nachhaltigkeit.info/media/1326279587phpeJPyvC.pdf>.
- UN, Kapitel 28 der Agenda 21. Kommunale Initiativen zur Unterstützung der Agenda 21, S.291, in: URL: <[http://www.un.org/depts/german/conf/agenda21/agenda\\_21.pdf](http://www.un.org/depts/german/conf/agenda21/agenda_21.pdf)> (09.08.2017).
- Von Detten, R.: Einer für alles? Zur Karriere und zum Missbrauch des Nachhaltigkeits-begriffs, in: Füsslein, D. (Hg.): Die Erfindung der Nachhaltigkeit: Leben, Werk und Wirkung des Hans Carl von Carlowitz, München: oekom verlag, S. 111–125.
- Von Hauff, M., Kleine, A. (2009): Nachhaltige Entwicklung. Grundlagen und Umsetzung, München: Oldenbourg.

# Nachhaltigkeit in der Antike

## PROJEKTTEAM

- Dr. Dr. Christopher Schliephake  
christopher.schliephake@philhist.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5546
- Prof. Dr. Natascha Sojc  
natascha.sojc@philhist.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5549
- Prof. Dr. Gregor Weber  
gregor.weber@philhist.uni-augsburg.de  
0821 598 5642

## PROJEKTLAUFZEIT

- WiSe 2016/17 bis WiSe 2019/20

## Worum geht es?

Im Wintersemester 2016/17 fand das Altertumswissenschaftliche Kolloquium der Universität Augsburg unter dem Titel „Formen von ‚Nachhaltigkeit‘: Umweltverhalten in der Antike“ statt. Daraus hat sich mittlerweile ein Buchprojekt entwickelt, das 2019 zu einem fertigen Manuskript gereift ist und 2020 beim Steiner Verlag in der Reihe „Geographica Historica“ erscheinen soll. Darin fragen die einzelnen althistorischen, archäologischen und altphilologischen Beiträge danach, wie vormoderne Gesellschaften mit Prozessen der Umweltveränderung und -erhaltung umgingen, wie sie mit (begrenzten) Ressourcen verfahren und wie es ihnen gelang, auch in Zeiten ökologischer Krisen ihr Überleben zu sichern.

Mit dem Begriff der ‚Nachhaltigkeit‘ will der Band keineswegs ein modernes Modethema auf vergangene Epochen ausweiten, um Aktualität und vermeintliche Relevanz

herzustellen. Vielmehr soll das Schlagwort der ‚Nachhaltigkeit‘ darin erstmalig (im Kontext der altertumswissenschaftlichen Forschung) als heuristisches Instrument dienen, das es erlaubt, antikem Umweltverhalten nachzuspüren. Mit dem Begriff sollen sowohl Gemeinsamkeiten bzw. historische Kontinuitätslinien als auch Unterschiede sowie soziohistorische Brüche zu unserer heutigen Zeit und Erfahrungswelt herausgearbeitet und einen tiefenhistorischen Blick auf das Phänomen ‚Nachhaltigkeit‘ hergestellt werden. Denn obgleich sich mit jüngeren Ansätzen der Anspruch verbindet, Mensch-Umwelt-Interaktionen aus einem Blickwinkel zu betrachten, der ihrer Komplexität und Vielgestaltigkeit gerecht wird, und obwohl es nicht an umweltgeschichtlichen Arbeiten fehlt, die auch das Problem zeitlicher Tiefenstrukturen, beispielsweise aus geologischer Sicht, diskutieren, bleibt die Feststellung, dass eine Ausweitung des analytischen Programms etwa der ‚Environmental Humanities‘ auf vormoderne Epochen bislang weitestgehend fehlt und der Fokus eher auf das sog. ‚Anthropozän‘ gelegt wird, dessen Beginn meist um 1800 mit dem Aufkommen der industriellen Revolution oder alternativ mit dem Beginn des Atomaren Zeitalters 1945 in eins gesetzt wird. Gerade die Frage der ‚Nachhaltigkeit‘ in der Antike erlaubt es jedoch, diese imaginäre zeitliche Schwelle zu überwinden und Phänomene des Wandels und/oder der Verstetigung von Umweltverhalten im Altertum zu diskutieren.

Indem der Band Forscherinnen und Forscher aus der Alten Geschichte, der Klassischen Archäologie und der Klassischen Philologie zusammenbringt, berücksichtigt er in gleichem Maße textbasierte Forschung, quantitative Daten und materielle Befunde. Die Schriftquellen beschreiben zwar häufig Umweltverhalten oder reflektieren



## Nachhaltigkeit in der Antike

negative Auswirkungen menschlichen Handelns auf die ‚Natur‘, tatsächliche antike Praktiken erschließen sich dagegen häufig erst durch die archäologische Untersuchung materieller Hinterlassenschaften. Aus der Analyse von Diskursen und materiellen Praktiken werden weiterführende Erkenntnisse über historisch gewachsenes Umweltverhalten (in der Antike) abgeleitet.

Die in diesem Band zusammengeführten Quellen, die die Diskurse um Ressourcenverbrauch oder -schonung abbilden, sind dabei denkbar weit und umfassen neben der Historiographie und dem philosophischen Schrifttum, der Briefliteratur und der erzählenden Prosa auch Gebrauchstexte und Fachschriftstellerei. Neben bloßen Beobachtungen zum Zustand der physischen Umgebung, der sich gegenüber einem vorherigen Zeitpunkt geändert haben mochte, finden sich auch Reflektionen über die Tragweite der menschlichen Eingriffe in die Umwelt oder aber Überlegungen, wie Menschen sich gegenüber ihrer natürlichen Umgebung verhalten sollten. Auch Texte, wie etwa Zauberpapyri, die bislang nicht in einem umweltgeschichtlichen Kontext untersucht wurden, konnten Hinweise auf erwünschte Zustände geben oder Handlungen beschreiben, mit deren Hilfe ein bestimmter Effekt erzielt werden sollte - allerdings nicht in dem Sinne, dass ‚nachhaltiges‘ Verhalten eingefordert wurde, sondern indem sie einzelnen Anwendern einen materiellen Vorteil gegenüber anderen verschaffen sollten. Diskurse um ‚Nachhaltigkeit‘ können also nicht von vorneherein für die Quellen vorausgesetzt werden, sie brauchen einen konkreten Anlass und Kontext, der verlangt, dass man sich die Konsequenzen von Ressourcenverbrauch bewusst machen musste; dieses Bewusstsein war jedoch kein dezidiertes Kennzeichen antiker oder vormoderner Gesellschaften. So wun-

dert es auch nicht, dass erwünschtes Umweltverhalten immer wieder, etwa von staatlicher Seite, eingefordert werden musste. Tendenzen, die zumindest in Richtung von Umweltschutz gehen konnten, finden sich, wie jüngere Studien nahelegen, v.a. in inschriftlichen Texten.

Neben den Diskursen um ‚nachhaltiges‘ Umweltverhalten werden im Band aber auch materielle Überreste danach befragt, wie und ob antike Menschen bei der Auseinandersetzung mit der Natur und der Anpassung der gebauten Umwelt ressourcenschonende Verfahren einsetzten. Dazu zählen die Wiederverwendung von Gebäudeteilen ebenso wie die Lagerung oder Entsorgung von Schutt und Abfall oder aber Verfahren, mit denen Gebäudetypen wie Bäder isoliert wurden, um den Wärmehaushalt zu regulieren. Ferner lässt sich archäologisch der Aufwand dokumentieren, der in der Antike für eine langfristige Versorgung mit qualitativem Trinkwasser betrieben wurde und den Zugriff auf den nachwachsenden Energieträger Holz sicherte. All diese Praktiken, die ausgehend von materiellen Spuren erfasst und beschrieben werden können, legen den Schluss nahe, dass es bei ihnen auch um Ressourcenschonung ging. Stein, Brennholz oder Wasser waren natürliche Rohstoffe, deren Beschaffung teils erheblichen Einsatz und Vorausschauung erforderte und deren Verwendung sich immer auch nach deren Vorhandensein richtete. Dies bedeutet nicht, dass antike Menschen die natürliche Lebenswelt und deren Ressourcen um deren selbst Willen schonten; es kam aber zu kulturellen - in seltenen Fällen auch zu existenziell erforderlichen - Wertzuschreibungen, mit denen Rohstoffe einen hohen symbolischen Gehalt erhielten und der Rückwirkungen auf die Art und Weise hatte, wie antike Menschen mit der Natur und mit bestimmten Materialien und Stoffen umgingen. Es ist ein

# Nachhaltigkeit in der Antike

Hauptanliegen des vorliegenden Bandes, dieses Zusammenspiel von kulturellen Diskursen und Praktiken für antike Gesellschaften aufzuzeigen.

Im Band sind folgende Beiträge versammelt:

- Christopher Schliephake, Natascha Sojc, Gregor Weber (Augsburg): Einleitung
- Lukas Thommen (Basel): Nachwachsende und erschöpfte Ressourcen: Zum Problem des ‚Umdenkens‘ und der ‚Ökologie‘ in der Antike
- Ingmar Unkel (Kiel): Archäohydrologie und Nachhaltigkeit. Der Einfluss des Wasserdargebots auf frühe Gesellschaften
- Mark Locicero (Vancouver): Waters Waters Everywhere: Sustainability and Water Supply Strategies in the Roman World
- Janet DeLaine (Oxford): Strategies and Technologies of Environmental Manipulation in the Roman World: The Thermal Economy of Baths
- Clemens Voigts (München): Nachhaltigkeit oder Sparsamkeit? Verwendung und Wiederverwendung von Marmorbauteilen im kaiserzeitlichen Rom
- Natascha Sojc (Augsburg): Beseitigung, Verwahrung oder Kreislauf? Zum stofflichen Potenzial deponierter Materialien in antiken griechischen Heiligtümern. Das Beispiel des extraurbanen Heiligtums S. Anna bei Agrigent (Sizilien)
- Christopher Schliephake (Augsburg): ‚Nachhaltigkeit‘ in Kult und Mythos – Athenas Olivenbaum auf der Akropolis
- Gregor Weber (Augsburg): Nachhaltigkeit und Ressourcenschonung. Handlungs-, Deutungs- und Wis-

sensategorien in den Zauberpapyri und in Artemidors „Oneirokritika“

- Christophe Chandezon (Montpellier): La dent funeste des chèvres et la plume acerbe des historiens. Discours de la durabilité, naguère et aujourd’hui
- Lars Mielke (Kiel): Moralisieren gegen landgrabbing. Zum Verhältnis von Rhetorik und Umweltethik bei Columella (1,3,8-13)
- Jens Soentgen (Augsburg) Nachhaltigkeitsdenken in der Romantik und in der Antike

Um den Band zusammen mit einem interessierten Publikum zu diskutieren, wird im Juli 2020 ein interdisziplinärer Science Talk am Wissenschaftszentrum Umwelt stattfinden, zu dem auch externe Expertinnen und Experten zum Thema ‚Nachhaltigkeit‘ als Vortragende eingeladen sind. Über Ablauf und Programm werden wir rechtzeitig auf den Seiten der Universität Augsburg und über Flyer informieren.



# WISSENSVERMITTLUNG UND ANWENDUNG

104 Arbeitskreis für Nachhaltigkeit

107 Umweltschutz heute: 10 Jahre Ökologisches Studium Generale in Augsburg

# Arbeitskreis für Nachhaltigkeit

## PROJEKTTEAM

- Dr. Simon Meißner  
simon.meissner@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3566
- Dipl. Ing. Thomas Cyris  
thomas.cyris@zv.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 4963
- M.A. Nadja Hendriks  
nadja.hendriks@philhist.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3569
- M.Sc. Sebastian Purwins  
sebastian.purwins@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2224
- Dominik Baldin  
dominik.baldin@praesidium.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 5104

## KONTAKT ZUM ARBEITSKREIS UNTER

- [nachhaltigkeit@uni-augsburg.de](mailto:nachhaltigkeit@uni-augsburg.de)

## BETEILIGTE FAKULTÄTEN UND INSTITUTIONEN

- Präsidium
- Zentralverwaltung
- Pressestelle
- GreenOffice
- AstA Referat für Umwelt und Gesundheit
- Katholisch Theologische Fakultät
- Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät
- Philosophisch-Sozialwissenschaftliche Fakultät
- Philologisch-Historische Fakultät

- Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
- Fakultät für Angewandte Informatik
- Wissenschaftszentrum Umwelt
- Anwenderzentrum Material- und Umweltforschung

## LAUFZEIT

- seit 2012

## Worum geht es?

Nachhaltigkeit spielt an der Universität Augsburg in den Bereichen Forschung und Lehre bereits eine große Rolle und wird von den unterschiedlichsten fachlichen Disziplinen diskutiert und definiert. Die inhaltliche Breite des Leitbildes der Nachhaltigkeit erlaubt dabei in einem besonderen Maße interdisziplinäre Betrachtungen und kann zur inner- und außeruniversitären Vernetzung beitragen. Der 2012 gegründete Arbeitskreis für Nachhaltigkeit versteht sich als Bindeglied zwischen Studierenden, Beschäftigten und Universitätsleitung und hat zum Ziel das Thema nicht nur in Forschung und Lehre weiter zu fördern, sondern nachhaltigere Abläufe und Aktivitäten im universitären Alltag zu initiieren und zu implementieren. Zudem wirkt der Arbeitskreis durch die Tätigkeit im Nachhaltigkeitsbeirat der Stadt Augsburg auch in die Stadtgesellschaft und Kommunalpolitik hinein. Im Jahr 2019 wurde der Arbeitskreis für Nachhaltigkeit neu strukturiert und um eine breite Mitwirkung nahezu aller Fakultäten erweitert.

# Arbeitskreis für Nachhaltigkeit

## Nachhaltigkeitsverständnis

Historische Nachhaltigkeitsdefinitionen reichen von Bezugnahmen auf forstwirtschaftliche Konzepte des 18. Jahrhunderts bis hin zum „Drei-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit“ mit je einer sozialen, ökologischen und ökonomischen Säule, die unter dem Dach der Nachhaltigkeit zusammengefasst werden. Um einerseits aktuelle Forschungspositionen, die auf die Verflachungstendenzen des Konzeptes in der Praxis hinweisen, und andererseits die Stärken und Alleinstellungsmerkmale der Universität Augsburg gleichermaßen zu berücksichtigen, orientiert sich der Arbeitskreis für Nachhaltigkeit am Modell der „starken Nachhaltigkeit“. Dieses Modell sieht das ökologische Kapital als ein nicht durch ökonomische oder soziale Maßnahmen substituierbares Fundament von Nachhaltigkeitsüberlegungen und betont die Notwendigkeit einer auf Langfristigkeit angelegten, ökologisch verträglichen Nutzung von kritischem Naturkapital (vgl. Ott und Döring 2011). Um die inhaltliche Breite von Nachhaltigkeitsbestrebungen und die internationale politische Relevanz zu berücksichtigen, werden zudem auch Bezüge zu den von den Vereinten Nationen im Rahmen der Agenda 2030 entwickelten „Sustainable Development Goals“ hergestellt (vgl. United Nations, 2015).

## Zielsetzung

Die Umsetzung des Leitbildes der nachhaltigen Entwicklung an der Universität Augsburg soll in einem Dialog mit Studierenden und Beschäftigten der Universität ausgestaltet und vermittelt werden. Somit ist es das Ziel des Arbeitskreises den inneruniversitären Austausch und die Kommunikation zum Thema Nachhaltigkeit zwischen

Studierenden und Universitätsmitarbeiterinnen und Universitätsmitarbeitern zu stärken. Durch die Erarbeitung von Zielvorstellungen und Leitlinien soll der Nachhaltigkeitsprozess an der Universität Augsburg präzisiert und weiterentwickelt werden. Die Konzipierung und Umsetzung von konkreten Projekten zielt darauf ab, auch den Campusalltag ressourcenschonender und nachhaltiger zu gestalten, um auf diese Weise einen zukunftsfähigen Umgang mit Energie, Stoffen und Materialien auf dem eigenen Campus zu ermöglichen.

## Ergebnisse und Projekte

Im Rahmen seines ehrenamtlichen Engagements konnte der Arbeitskreis Nachhaltigkeit in diesem Jahr eine Reihe von Aktivitäten durchführen:

- Personelle und strukturelle Erweiterung des Arbeitskreises für Nachhaltigkeit unter Einbindung neuer Mitglieder aus dem Präsidium, der Pressestelle, der katholisch-theologischen Fakultät, wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät, philosophisch-sozialwissenschaftlichen Fakultät, philologisch-historischen Fakultät, mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät, der Fakultät für angewandte Informatik, des GreenOffice und des Asta Referates für Umwelt und Gesundheit.
- Erarbeitung von inhaltlichen Schwerpunkten im gemeinsamen Dialog (Arbeitssitzungen zur Diskussion über das Nachhaltigkeitsverständnis des Arbeitskreises sowie zur Entwicklung von konkreten Projektideen für die kommenden Jahre).
- Ausarbeitung eines Leitlinienvorschlags für den Nachhaltigkeitsprozess an der Universität Augsburg unter

## Arbeitskreis für Nachhaltigkeit

- besonderer Berücksichtigung der Handlungsfelder „Forschung“, „Lehre und Studium“, „Campusalltag und Campusgestaltung“ sowie „Kooperationen“.
- Organisation einer Informationsveranstaltung zum Thema „Papierwende“ am 13.05.2019 mit dem Ziel, Einsparungspotentiale im Bereich des Papierverbrauchs an der Universität Augsburg zu ermitteln und eine nachhaltigere Beschaffung von Papier und Papierprodukten an der Universität anzuregen.
  - Teilnahme an der Aktion Stadtradeln – Radeln für ein gutes Klima vom 06.07.-26.07.2019: Die Universität belegte mit 291 aktiven Radelnden und 42.520 geadelten Kilometern den zweiten Platz in der Augsburger Gesamtwertung (1.Platz KUKA). Das Team der Universität hat dabei insgesamt 6.038 kg CO<sub>2</sub> im Vergleich zur Fortbewegung mit dem Auto eingespart. Damit hat die Universität Augsburg zusammen mit den anderen Augsburger Teams ein Zeichen für nachhaltige Mobilität gesetzt.
  - Mitgestaltung und Unterstützung des Tags der Nachhaltigkeit an der Universität Augsburg, der seit 2017 durch das GreenOffice initiiert und jährlich organisiert wird. Im Rahmen dieser Veranstaltung werden Aktivitäten und Projekte von Studierenden rund um die nachhaltige Entwicklung im Hochschulalltag und darüber hinaus vorgestellt sowie durch Fachvorträge begleitet. Ergänzt werden diese Aktivitäten durch Ausstellungs- und Informationsstände von Augsburger Institutionen, die sich im Bereich nachhaltiger Entwicklung engagieren.
  - Aktive Teilnahme an den Sitzungen des Nachhaltigkeitsbeirates der Stadt Augsburg sowie Kommentierung von Stadtratsbeschlüssen aus Sicht der nachhaltigen Entwicklung.

- Aktive Teilnahme und Austausch mit Nachhaltigkeitsverantwortlichen bayerischer Universitäten an den Netzwerktreffen „Hochschule und Nachhaltigkeit Bayern“.

Der Arbeitskreis Nachhaltigkeit hat sich das Ziel gesetzt, kontinuierlich jedes Jahr Aktivitäten zur Stärkung der nachhaltigen Entwicklung an der Universität Augsburg zu fördern und/ oder durchzuführen.

### Literatur

- Ott, K., Döring, R. (2011): Theorie und Praxis starker Nachhaltigkeit. 3. Auflage. Marburg: Metropolis.
- Studierendeninitiative Greening the University e.V. (Hg.) (2009): Greening the University. Perspektiven für eine nachhaltige Hochschule, München: Oekom Verlag.
- United Nations (2015): Sustainable Development Goals, New York, <https://sustainabledevelopment.un.org/?menu=1300>, zuletzt abgerufen am 09.07.2019.

# Umweltschutz heute: 10 Jahre Ökologisches Studium Generale in Augsburg

## PROJEKTTEAM

- PD Dr. Jens Soentgen  
jens.soentgen@wzu.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 3560
- Prof. Dr. Jucundus Jacobeit  
jucundus.jacobeit@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2662
- Prof. Dr.-Ing. Christine Schwaegerl  
christine.schwaegerl@hs-augsburg.de  
0821 5586 1054
- Dr. Katharina Stroh  
katharina.stroh@lfu.bayern.de  
Tel.: 0821 9071 5257
- Dr. Ulrike Beyer  
ulrike.beyer@geo.uni-augsburg.de  
Tel.: 0821 598 2754

Mit einer festlichen Auftaktveranstaltung am 29. April startete die Reihe "Umweltschutz heute" mit insgesamt 18 Vorträgen zum Semesterthema „Umwelt und Gesundheit“ ins Sommersemester 2019. "Umweltschutz heute" ist als Ringvorlesung deutschlandweit einmalig: Seit 10 Jahren vermittelt sie erfolgreich Studierenden, Fachleuten und allen, die sich für das Thema Umwelt interessieren, Wissen aus erster Hand zu den grundlegenden Fragen des modernen Umweltschutzes. Sie ist ein ökologisches Studium Generale mit breit gefächerten Schwerpunktthemen - Naturschutz, Ressourcenschutz, Energie und Ökologie, Umwelt und Gesundheit - und integriert darüber hinaus die Perspektiven von Fachleuten aus Wissenschaft, Verwaltung und Praxis. Die Veranstaltung wird seit zehn Jahren gemeinsam vom Bayerischen Landesamt für Umwelt (LfU) und vom Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg (WZU) angeboten. Bei ausgewählten Themen ist auch die Hochschule Augsburg beteiligt. Mit Prof. Dr. Dr. h. c. Ortwin Renn (IASS Potsdam) kam im Sommersemester 2019 einer der renommiertesten deutschen Risikoforscher zur Feier des 10-jährigen Jubiläums der Vortragsreihe "Umweltschutz heute" nach Augsburg. Renn ist Wissenschaftlicher Direktor des Potsdamer Institute for Advanced Sustainability Studies - und hielt in Augsburg einen Festvortrag zur Frage "Warum wir uns vor dem Falschen fürchten", der zugleich den Auftakt der diesjährigen Vortragsreihe bildete (siehe auch das Interview mit Renn in diesem Jahresbericht). Denn während Skandale für Schlagzeilen sorgen, unterschätzen wir die Effekte der alltäglichen Lebensführung. Auch systemische Risiken unserer komplexen sozialen Systeme nehmen wir nur unzureichend wahr. Ein Beispiel dafür ist der Klimawandel, durch den sich eine ganze Kaskade von gesund-



## Umweltschutz heute: 10 Jahre Ökologisches Studium Generale in Augsburg

heitlichen Effekten ergibt, angefangen bei Belastungen durch Hitze- oder Kälteperioden bis hin zu neuen Verbreitungsmustern von Krankheitserregern. In der anschließenden Diskussion des Gastes mit Prof. Dr. Martina Kadmon, der Dekanin der Medizinischen Fakultät der Universität Augsburg, und Claus Kumutat, dem Präsidenten des Bayerischen Landesamtes für Umwelt, wurden Zukunftsfragen

rund um Umwelt und Gesundheit thematisiert.

Im WS 2019/2020 setzten wir dann das Thema Energie und Ökologie auf das Programm - während wir uns im SS 2020 aktuellen Fragen des Naturschutzes widmen werden.



*Abb. 1: Vortragsreihe Umweltschutz heute: Festvortrag von Prof. Dr. Dr. h.c. Renn*

## IM GESPRÄCH...

- 110 ...mit Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn:  
Warum werden wir immer älter?



# Im Gespräch mit Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn

## **Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn**

... ist einer der renommiertesten Risikoforscher in Deutschland. Der vielfach ausgezeichnete Forscher und Politikberater rückt in seiner Forschung Umweltrisiken in eine Zukunftsperspektive. Darüber hinaus engagiert er sich in zahlreichen Funktionen für die praktische Umsetzung seiner Erkenntnisse für eine nachhaltigere Gesellschaft. Renn ist wissenschaftlicher Direktor am „Institute for Advanced Sustainability Studies“ (IASS) in Potsdam, wo er große Forschungsprojekte zur Umsetzung der Energiewende vom regionalen bis zum globalen Maßstab, zu den globalen Bedrohungen durch systemische Risiken und zu den Auswirkungen der Digitalisierung auf die nachhaltige Entwicklung leitet.

*Wenn man sich die steigende Lebenserwartung ansieht, könnte man zu dem Schluss kommen, dass das Projekt der Moderne erfolgreich ist?*

**Renn:** Das Projekt der Moderne ist in vielen Hinsichten sehr erfolgreich, das hat aber einen Preis gehabt. Viele Risiken und Gefahren, die in der Vormoderne viele Menschenleben gekostet oder Krankheiten hervorgerufen haben, sind mit der Entwicklung zur Moderne mehr und mehr geschrumpft. Dazu gehören mangelnde Hygiene, Unfälle in Haushalt und Transportwesen, ungesunde und unzureichende Ernährung, Kindersterblichkeit. Zugleich sind aber auch kollektive Risiken gestiegen durch die immer weiter zunehmende Belastung der Umwelt, etwa der Atemluft, zu denken ist auch an die Zunahme psychischer und sozialer Belastungen. Vor allem stressbedingte Erkrankungen haben zugenommen, zudem ist das Gefühl von Sinnverlust verbreitet, das sich zu Depression aus-

wachsen kann, auch diese schwere Erkrankung hat deutlich zugenommen.

*In den USA stieg die Lebenserwartung zwischen 1900 und 1999 um rund 30 Jahre. Bei uns ist es ähnlich. Was davon ist auf verbesserte Umweltkontrolle, was auf die Fortschritte der kurativen Medizin zurückzuführen?*

**Renn:** Die Zahlen sind da nicht eindeutig zuzuordnen. Selbstverständlich hat die kurative Medizin und ihre Fortschritte einen Anteil an der Verlängerung der Lebenserwartung. Historisch gesehen hat aber die Bereitstellung sauberen Trinkwassers und die Lebensmittelhygiene, auch die hohe Lebensmittelsicherheit einen wesentlichen Anteil an der Erhöhung der Lebenserwartung. Aus Statistiken des 15., 16. und 17. Jahrhunderts wissen wir, dass zum Beispiel in London eine der Haupttodesursachen verschimmelte beziehungsweise ungenießbare oder pathogen belastete Lebensmittel waren. Die Verbesserungen beginnen in Europa und auch in den USA im 19. Jahrhundert und werden schichtübergreifend seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges nachweisbar.

*Spielen auch soziale Verbesserungen eine Rolle?*

**Renn:** Es ist ganz wesentlich für die gesamte Erhöhung der Lebensqualität in einer Population, dass grundlegende soziale und medizinische Dienste auch denen zur Verfügung gestellt werden, die am unteren Ende der sozialen Einkommensverteilung stehen.

## Im Gespräch mit Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn

*Gibt es Korrelationen zwischen Einkommen und Lebenserwartung?*

**Renn:** Ja. Wir sehen tatsächlich, dass die Korrelation zwischen Lebenserwartung und Indizes der Ungleichheit mit den höchsten Erklärungswert in der Statistik haben. Und das ist nicht nur heute so. Sehr reiche Leute haben auch früher länger gelebt. Heute sehen wir, dass vor allem in Wohlfahrtsstaaten die Lebenserwartung auch der unteren Einkommensschichten sich dem Mittelwert des Landes angleicht.

*Was ist dort, wo soziale und medizinische Dienste nicht allen zur Verfügung gestellt werden?*

**Renn:** Da steht es auch um die Lebenserwartung nicht zum besten. In einer gerade veröffentlichten Langzeitstudie konnte gezeigt werden, dass von den amerikanischen Staatsbürgerinnen und -bürgern, die 1992 zwischen 51 und 61 Jahre alt waren, bis zum Jahr 2014 rund 48 Prozent aus der untersten Einkommensgruppe (20% ärmste Einkommensgruppe) gestorben waren, während dies bei dem reichsten Fünftel lediglich 26 Prozent waren. Armut und ungleiche Lebenschancen haben einen markanten Einfluss auf die Lebenserwartung.

*Das bedeutet, dass man Gesundheit besser durch Verringerung von Ungleichheit als durch Verringerung von Umweltbelastung fördern kann?*

**Renn:** Ja, hier gibt es zumindest in den Schwellenländern und auch einigen OECD Ländern mit hoher Ungleichheit die größten Potentiale. Das heißt nicht, dass die Verringerung der Umweltbelastung unwichtig wäre. Hier ist auch

bei uns noch einiges zu tun, besonders bei der Verbesserung der Luftqualität. Erst recht gilt das für Länder wie Mexiko oder China, wo in vielen Städten die Luftqualität katastrophal ist.

*Wie wird sich der Klimawandel auf die Gesundheit auswirken?*

**Renn:** Zum einen ist natürlich die Temperaturzunahme von erheblicher Bedeutung, hier wird man Vorsorgemaßnahmen treffen müssen, weil Hitzesommer wie der von 2003, der je nach Berechnung in Europa zwischen 40.000 und 70.000 Menschenleben gekostet hat, künftig häufiger werden. Besonders ältere und kranke Menschen sind gefährdet. Man braucht Maßnahmen, um der Dehydrierung vorzubeugen, man könnte auch an die Einrichtung von gekühlten Räumen denken. Insgesamt ist aber der Klimawandel ein schleichendes systemisches Risiko, da sind nichtlineare Effekte zu erwarten, deren Ausmaße wir derzeit nicht kennen. So kann es auch zu einer neuen Ausbreitung bestimmter tropischer Erkrankungen kommen. Zu bedenken ist auch, dass in südlicheren, semiariden Ländern die Auswirkungen noch deutlicher sein werden, was zu weiterer Migration führen wird.

*Wird die Lebenserwartung immer weiter steigen?*

**Renn:** Es gibt kein Naturgesetz, dass die Lebenserwartung immer weiter steigt. In den USA sinkt sie gerade, wenn auch nicht dramatisch, und in Russland stagniert sie weitgehend. Derzeit ist es bei uns in Deutschland so, dass ein heute geborener Junge eine statistische Lebenserwartung von 78,4 Jahren hat, ein Mädchen eine von 83,4

## Im Gespräch mit Prof. Dr. Dr. h.c. Ortwin Renn

Jahren. Noch aussagekräftiger ist eine andere Zahl: von 10.000 Menschen einer Alterskohorte erreichen bei uns heute 9.450 ihr 70stes Lebensjahr. Das ist schon ziemlich gut. In anderen Ländern, etwa in Sambia sind es nicht einmal 5.000. Auch bei uns kann und sollte man noch einiges verbessern. Und dabei muss man auch die neuen systemischen Risiken im Blick haben, insbesondere den Klimawandel.

*Wie alt können wir werden?*

**Renn:** Das kann keiner so ganz genau sagen. Vermutlich nähern wir uns heute schon der biologischen Lebenserwartung. Es wird wohl keine Zeit kommen, in der wir alle 150 Jahre alt werden. Die Lebenserwartung kann durchaus noch ein Stück nach oben gehen, durch sozialpolitische Maßnahmen und verbesserte Umwelt- und Lebensbedingungen. Aber wenn, dann werden diese Fortschritte langsamer kommen, nicht in so großen Sprüngen wie im letzten Jahrhundert.

Die Fragen stellte Jens Soentgen



## **DAS WZU**

- 114 Profil
- 115 Das Team am WZU
- 116 Die Mitglieder des WZU
- 121 Aktuelle Publikationen

# Profil

Aktuelle Fragen der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung entstehen oft im Grenzgebiet wissenschaftlicher Disziplinen und an den Grenzen von Wissenschaft und Gesellschaft. Das Wissenschaftszentrum Umwelt der Universität Augsburg führt daher die umweltwissenschaftlichen Kompetenzen der Universität Augsburg zusammen und verbindet sie mit externen Forschungsinstitutionen sowie mit den im Umweltbereich tätigen Institutionen, NGOs und Unternehmen. Die Initiative für die Gründung des WZU ging im Jahr 2000 von WissenschaftlerInnen aus natur- und sozialwissenschaftlichen sowie geisteswissenschaftlichen Disziplinen der Universität Augsburg aus, die durch fächerübergreifende Arbeit innovative, anwendungsorientierte Ergebnisse in der Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung erzielen wollten.

Mittlerweile gehören mehr als 90 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zum Kreis der WZU-Mitglieder. Das WZU ist seit 2016 eine Zentrale Einrichtung der Universität Augsburg.

Durch die vielfältigen Erfahrungen und Kompetenzen der WZU-Mitglieder entfaltet sich in unseren Projekten, in Mitgliederversammlungen und Tagungen die Produktivkraft des interdisziplinären Dialogs. Die offene und kreative Netzwerk-Atmosphäre ist die wesentliche Stärke unserer Einrichtung. In ihr entstehen neue Ideen, und, wenn alles glücklich läuft, aus diesen Ideen wegweisende Projekte. So zum Beispiel die Entwicklung von webbasierten Risikokartierungen, ressourcenstrategische Konzepte für Politik und Unternehmen oder auch Energiekonzepte für Kommunen. Im Bereich Umwelt und Gesundheit sind wir seit vielen Jahren mit mehreren Partnern aus Medizin

und Epidemiologie besonders im Bereich der Expositionsforschung aktiv. Neben umweltnaturwissenschaftlichen Projekten sind uns die Environmental Humanities ein zentrales Anliegen.

Wir versuchen, innovative, disziplinübergreifende Projekte zu ermöglichen, indem wir strukturelle und finanzielle Hürden aus dem Weg räumen. Das gelingt, indem wir Vertrauen über die Grenzen von Disziplinen, Fakultäten und Institutionen hinweg schaffen. Davon profitieren Forschung und Lehre an der Universität Augsburg: Aus der Kooperation am WZU ist beispielsweise der von Prof. Dr. Armin Reller entwickelte Forschungsschwerpunkt Ressourcenstrategie (Environmental Resource Studies) hervorgegangen, der heute zum Profil der Universität Augsburg beiträgt und den wir aktiv weiterentwickeln. Auch der Forschungsschwerpunkt Umwelt und Gesundheit (Environmental Health Sciences) der zukünftigen Medizinischen Fakultät basiert wesentlich auf den seit 2004 in diesem Bereich aufgebauten Forschungsaktivitäten des WZU.

In der Lehre erproben wir neue Methoden – insbesondere rund um unser Konzept der Stoffgeschichten – und entwickeln disziplinübergreifende Seminare, Vorlesungen und Studiengänge. Das bereichert seit Jahren die Ausbildung von Studierenden der Universität Augsburg über die Fächer- und Fakultätsgrenzen hinweg.



# Das Team am WZU

## Vorstand

Prof. Dr. Armin Reller, Sprecher  
Prof. Dr. Jucundus Jacobeit  
Prof. Dr. Marita Krauss  
PD Dr. Jens Soentgen

## Sekretariat

Regina Rott

## Wissenschaftliche Mitarbeiter

Karen Froitzheim  
Esther Giemsa  
Nadja Hendriks  
Thomas Kippes  
Thomas Kusch (Techniker)  
Dr. Simon Meißner  
Reiner Schwandt  
PD Dr. Jens Soentgen  
PD Dr. Kirsten Twelbeck

## Wissenschaftliche und studentische Hilfskräfte

Valentin Braun  
Anna Moser  
Andreas Oswald  
Robin Umminger

# Die Mitglieder des WZU

## **Prof. em. Dr. Helmut Altenberger \***

Institut für Sportwissenschaft, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Elisabeth André**

Institut für Informatik, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Wassilios Baros**

Goethe Universität Frankfurt

## **Dr. Ina Batzke**

Lehrstuhl für Amerikanistik

## **PD Dr. Christoph Beck**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## **Dr. Andreas Benz**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## **Dr. Ulrike Beyer**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Helena Bilandzic**

Institut für Medien, Wissen und Kommunikation, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Michael Bittner**

DLR, Earth Observation Center

## **Prof. Dr. Stefan Böschen**

Institut für Technik und Gesellschaft, RWTH Aachen

## **Prof. Dr. Klaus Bredl \***

Philosophisch-Sozialwissenschaftlichen Fakultät,  
Digitale Medien, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Wolfgang Buermann**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## **Dr. Josef Cyrus**

Helmholtz Zentrum München

## **Thomas Cyris**

Sicherheitsingenieur, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Ulrich Eckern**

Institut für Physik, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Stefan Emeis**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung -  
Institut für Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

## **Dr. Martinus Fesq-Martin**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Peter Fiener**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## **Prof. Dr. Arne Friedmann**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## **PD Dr. Sven Grashey-Jansen**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## Die Mitglieder des WZU

### **RD a.D. Klaus Hager**

Neusäß

### **Dr. Riyaz Haider**

Firma BioSustain, Augsburg/Dar-es-Salaam

### **Prof. Dr. Thomas Hamacher \***

TU München, Lehrstuhl für Erneuerbare und Nachhaltige Energiesysteme (ENS)

### **Dr. Eckhard Hartmann \***

Fachgruppe Biologie, Universität Augsburg

### **Dr. Johanna Hartmann**

Philologisch-Historische Fakultät, Universität Augsburg

### **Dr. Stefan Hartmann**

Philologisch-Historische Fakultät, Universität Augsburg

### **Dr. Wolfgang Hatz \***

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Thomas Hausmanninger \***

Christliche Sozialethik, Universität Augsburg

### **Dr. Julia von Hayek**

Zentrum für Interdisziplinäre Gesundheitsforschung, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Michael Heine**

Institut für Materials Resource Management (MRM), Universität Augsburg

### **Dr. Thomas Henschel**

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

### **Prof. Dr. Elke Hertig**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **PD Dr. Markus Hilpert**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Dr. Gabriele Höfner \***

Marketing/Fundraising, Präsidium, Universität Augsburg

### **Dr. Ulrich Hohoff \***

Direktor Universitätsbibliothek, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Ronald H.W. Hoppe**

Institut für Mathematik, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Siegfried Horn**

Institut für Physik, Universität Augsburg

### **Prof. em. Dr. Jucundus Jacobeit**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Reiner Keller**

Lehrstuhl für Soziologie, Universität Augsburg

### **Dr. Sebastian Kistler**

Katholisch-Theologische Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Martin Kment**

Juristische Fakultät, Universität Augsburg

## Die Mitglieder des WZU

### **Prof. Dr. Marita Krauss**

Philologisch-Historische Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Olaf Krey**

Institut für Physik, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Jukka M. Krisp**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **PD Dr. Stephan Krohns**

Institut für Physik, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Harald Kunstmann \***

Institut für Geographie, Universität Augsburg  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung -  
Institut für Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

### **Prof. Dr. Christoph Lau (i.R.) \***

Lehrstuhl für Soziologie, Universität Augsburg

### **PD Dr. Stefan Lindl**

Philologisch-Historische Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Alois Loidl**

Institut für Physik, Universität Augsburg

### **Dr. Luitgard Marschall \***

München

### **Prof. Dr. Johannes Masing**

Institut für Öffentliches Recht, Universität Freiburg

### **Prof. Dr. Eva Matthes**

Lehrstuhl für Pädagogik, Universität Augsburg

### **Dr. Simon Meißner**

Lehrstuhl für Ressourcenstrategie, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Peter Michaelis \***

Institut für Volkswirtschaftslehre, Universität Augsburg

### **Dr. Maria Christina Müller**

Lehrstuhl für Amerikanistik, Universität Regensburg

### **Prof. Dr. Timo Müller \***

Lehrstuhl für Amerikanistik, Universität Regensburg

### **Prof. Dr. med. Markus Naumann**

Neurologische Klinik und klinische Neurophysiologie,  
Klinikum Augsburg

### **Prof. Dr. Ulrike Ohl**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Prof. em. Dr. Gerd Peyke \***

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **PD Dr. Andreas Philipp**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Dr. Joachim Rathmann**

Institut für Geographie und Geologie,  
Universität Würzburg

## Die Mitglieder des WZU

### **Prof. Dr. Armin Reller**

Institut für Physik, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Manfred Riegger**

Katholisch-Theologische Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Thomas Rist**

Fakultät für Informatik, Hochschule Augsburg

### **Prof. Dr. Peter Roth**

Katholisch-Theologische Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. em. Dr. Franz Schaffer**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Lothar Schilling**

Philologisch-Historische Fakultät, Universität Augsburg

### **Dr. Walter Schindler**

München

### **Dr. Christopher Schliephake**

Philologisch-Historische Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Kerstin Schlögl-Flierl**

Katholisch-Theologische Fakultät, Universität Augsburg

### **PD Dr. Claudia Schmidt-Dietrich**

Augsburg

### **Prof. Dr. Matthias Schmidt**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Prof. em. Dr. Reiner Schmidt \***

Juristische Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Ing. Christine Schwaegerl**

Fakultät für Elektrotechnik, Hochschule Augsburg

### **Prof. Dr. Elke Seefried**

Philologisch-Historische-Fakultät, Universität Augsburg  
IFZ, München

### **Dr. Stefanie Seubert**

Augsburg

### **Prof. Dr. Natascha Sojc**

Professur für Klassische Archäologie, Universität Augsburg

### **Prof. em. Dr. Bernd Stritzker \***

Institut für Physik, Universität Augsburg

### **Dr. Markus Strobel**

Institut für Management und Umwelt, Augsburg

### **Dr. Peter Suppan**

Karlsruher Institut für Technologie (KIT),  
Institut für Meteorologie und Klimaforschung -  
Institut für Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

### **Prof. Dr. Sabine Timpf**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

## Die Mitglieder des WZU

### **Prof. Dr. Axel Tuma**

Institut für Materials Resource Management, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Uwe Voigt**

Lehrstuhl für Philosophie, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Bernd Wagner**

Wissenschaftszentrum Umwelt, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Marcus Wagner**

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Richard Weihrich**

Institut für Materials Resource Management, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Christoph Weller**

Institut für Politikwissenschaft, Universität Augsburg

### **Frank Werner**

Director WEC Europe,  
World Environment Center, München

### **Prof. Dr. Karl-Friedrich Wetzel**

Institut für Geographie, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Klaus Wolf**

Philologisch-Historische-Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Hubert Zapf**

Philologisch-Historische Fakultät, Universität Augsburg

### **Dr. Thomas Ziesemer**

Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Augsburg

### **Prof. Dr. Ralf Zimmermann**

Institut für Chemie, Universität Rostock  
Institut für ökologische Chemie, Helmholtz Zentrum München

# Aktuelle Publikationen



James Walvin

## Zucker

*Eine Geschichte über  
Macht und Versuchung*

*(Erscheint am 14. 04. 2020)*

Ehe er zu einem wesentlichen Bestandteil im Leben von Millionen Menschen wurde, war Zucker teurer Luxus und geschätztes Monopol der Könige und Fürsten. Zucker war Macht, und die übt er noch heute aus: Sein Angriff auf unsere Gesundheit kennt keine Standesunterschiede. Zucker hat viele Parallelen zu Tabak: Beiden Stoffen ermöglichte Sklavenarbeit den Aufstieg, beide haben sie breite Bevölkerungsschichten in eine subtilere Form der Unfreiheit geführt. Genau wie Tabak macht Zucker süchtig, bei übermäßigem Verzehr erzeugt er Adipositas – krankhaftes Übergewicht, das sich wie eine Epidemie verbreitet. Sie ereilte uns nicht über Nacht, sondern beruht auf einem komplexen Wechselspiel historischer Kräfte. Wer das moderne Problem verstehen will, muss sich mit der Geschichte des Zuckers auseinandersetzen und die Beziehung zwischen Gesellschaft und Süße über einen langen Zeitraum betrachten. Das Buch erzählt, wie der Konsum von Zucker zu einem grundlegenden Merkmal des modernen Lebens wurde.



Jens Soentgen

## Konfliktstoffe

*Grundlagen und Perspektiven der stoffgeschichtlichen Forschung*

Stoffe aller Art werden rund um den Globus aus dem Boden, aus Lebewesen oder aus der Luft gewonnen, in Raffinerien und Fabriken gereinigt, zerlegt, wieder verbunden, durch Pipelines gepumpt, auf Containerschiffen verschickt, transformiert und verbraucht. Aber parallel zu all dem machen sie sich, oft unerkannt, selbst auf den Weg, versickern und verdunsten, geraten in Nahrungsketten, verteilen sich in der Atmosphäre und in Gewässern, dringen ein und breiten sich aus. Ihr ungeplantes und ungewolltes Eigenleben führt zu Konflikten. Solche Konflikte decken die Stoffgeschichten auf – indem sie den Lebensweg ausgewählter Substanzen nachzeichnen. Dieses Buch beantwortet die grundlegenden Fragen zu Theorie und Praxis der stoffgeschichtlichen Forschung. Zugleich erzählt es exemplarisch die Biographien von typischen Konfliktstoffen der Moderne, nämlich Stickstoff, Nitrosprengstoff, Aspirin und Heroin, Gummi sowie Kohlendioxid.



## Aktuelle Publikationen



Luitgard Marschall  
Heike Holdinghausen

### Seltene Erden

*Umkämpfte Rohstoffe des  
Hightech-Zeitalters*

Der wichtigste Rohstoff der deutschen Industrie ist der Erfindungsgeist ihrer Ingenieure. Dieses Bonmot ist richtig, aber ganz ehrlich ist es nicht. Denn ohne Rohstoffe kommt auch der klügste Ingenieur nicht weit. Während Rohstoffe wie Eisen oder Aluminium unerschöpflich erscheinen, sieht es bei den sogenannten Seltenen Erden anders aus – wenn auch vor allem deshalb, weil der Quasi-Monopolist China die Mengen diktieren kann, die dem Markt zur Verfügung stehen. Ihre besondere Bedeutung verdanken die 17 Metalle der Tatsache, dass sie in äußerst sensiblen Bereichen Einsatz finden: Von der Militärtechnologie bis zur Kommunikations- und Energietechnik gestalten wir mit ihrer Hilfe unseren modernen Alltag. Der zehnte Band der Reihe Stoffgeschichten gibt dem Unbekannten wie Unverzichtbaren ein Gesicht, informiert über Geschichte, Verwendung und Bedeutung von Neodym, Europium & Co.



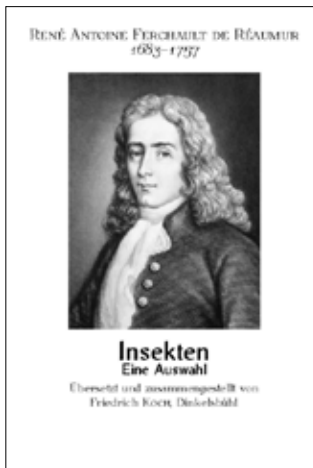
Armin Reller  
Luitgard Marschall  
Simon Meißner  
Claudia Schmidt (Hg.)

### Ressourcenstrategien

*Eine Einführung in den  
nachhaltigen Umgang mit  
Rohstoffen*

Das Thema „zukunftsfähiger Umgang mit Ressourcen“ ist weiter hochaktuell. Jedoch gestalten sich die Zusammenhänge immer unübersichtlicher. Um die bisherige Entwicklung nachvollziehen zu können und neue Strategien für einen nachhaltigen Umgang mit Rohstoffen zu entwickeln, müssen disziplinär begrenzte Sichtweisen überwunden werden. Die HerausgeberInnen unternehmen daher eine interdisziplinäre Betrachtung globaler Stoffkreisläufe und der weltweiten Verfügbarkeit wichtiger Rohstoffe.

## Aktuelle Publikationen



René Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757)  
Übersetzt und ausgewählt  
von Friedrich Koch

### Insekten

*Eine Auswahl  
Teil VI*

*Jens Soentgen (Hg.)*

„Je mehr man den Hervorbringungen der Natur nachgeht, desto mehr offenbart sich ihre Unermesslichkeit“. Diesen oft wundersamen Hervorbringungen der Natur geht der französische Naturforscher René Antoine Ferchault de Réaumur in seinen insektenkundlichen Essays aus dem 18. Jahrhundert auf den Grund. Das umfangreiche Werk des Pioniers der Naturforschung ist nicht nur eine wissenschaftliche Spitzenleistung. Zugleich ist es auch brillant geschriebene Literatur, die mit bemerkenswerten, handgezeichneten Grafiken versehen ist. Das WZU legte nun den Sechsten Teil einer Auswahl des Gesamtwerkes vor, die über den OPUS-Server der Universitätsbibliothek Augsburg in einer digitalen Ausgabe als erste deutsche Übersetzung kostenlos verfügbar sind. Übersetzt und ausgewählt hat sie Friedrich Koch (Dinkelsbühl). Mit der Veröffentlichung von Teil VI ist die Reihe abgeschlossen.



Jens Soentgen

### Ökologie der Angst

Auch Tiere haben Angst, im Brennpunkt des Emotionslebens der meisten höheren Tiere steht die Angst vor dem Menschen. Jens Soentgen nimmt die Angst als Ausgangspunkt einer Ökologie von innen und trägt damit einen entscheidenden Aspekt zur Ökologie des Anthropozäns bei. Seine These: Die Relationen zwischen Feind und Beute haben ein subjektives, emotionales und kognitives Moment, das ökologisch bedeutsam ist. Das weltweite Töten der Tiere durch den Menschen bewirkt nicht nur eine drastische Reduktion von Populationen, es verbreitet Angst unter den Überlebenden. Diese Angst verwandelt das Verhalten, die Fortpflanzung, die Nahrungsaufnahme und die Bewegung der Überlebenden. Sie verstärkt die ökologische Abwärtsspirale.

Wissenschaftszentrum Umwelt  
Environmental Science Center  
Universität Augsburg  
Universitätsstraße 1a  
86159 Augsburg  
Tel.: +49 821 598 3560  
Fax: +49 821 598 3559  
E-mail: [info@wzu.uni-augsburg.de](mailto:info@wzu.uni-augsburg.de)  
[www.wzu.uni-augsburg.de](http://www.wzu.uni-augsburg.de)

 Universität Augsburg  
Wissenschaftszentrum  
Umwelt

Der Jahresbericht 2019 umfasst den Berichtszeitraum von  
Januar bis Dezember 2019.

Herausgeber:  
Prof. Dr. Armin Reller  
Prof. Dr. Jucundus Jacobeit  
Prof. Dr. Marita Krauss  
PD Dr. Jens Soentgen

Redaktion:  
PD Dr. Jens Soentgen  
PD Dr. Kirsten Twelbeck  
Dr. Simon Meißner  
Valentin Braun

Layout:  
Valentin Braun  
2bex Design+Konzept, Kaufbeuren