

## Gestresster Regenwald

Forschung in der Biosphäre 2 zeigt, wie Pflanzen auf Dürre reagieren



Schnell und genau: Sensoren erfassen Strukturveränderungen > Seite 24



Häufig und begehrt: Sand ist eine wichtige Ressource > Seite 32



Kreativ und handgemacht: Graffiti für die Betriebswirtschaft > Seite 40

# uni'shop

Freiburg im Breisgau



**NEU!**

Canvas Rucksack  
19 Liter

**39.90**



**NEU!**

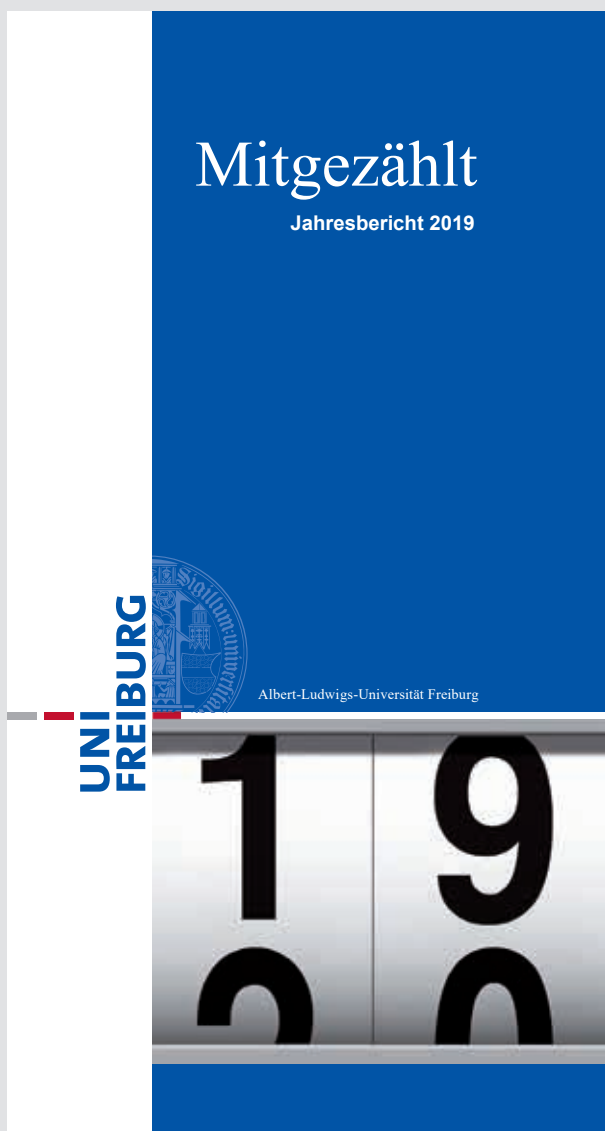


Produkte finden Sie im Online-Shop:

[www.shop.uni-freiburg.de](http://www.shop.uni-freiburg.de)  
und in den Buchhandlungen Rombach und Walthari

## Jahresbericht 2019: Hinter Zahlen stehen Menschen

Die positive Entwicklung der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg lässt sich nicht ausschließlich in Zahlen fassen. Denn hinter den Zahlen stehen Menschen und ihre Leistungen. Mit dem herausnehmbaren Jahresbericht zeigt die Universität in kompakter Form die Daten und Fakten des vergangenen Jahres.



An dieser Stelle sollte der Jahresbericht 2019 der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg zu finden sein. Der Bericht ist auch auf den Internetseiten der Universität abrufbar:  
[www.pr.uni-freiburg.de/go/jahresbericht\\_2019](http://www.pr.uni-freiburg.de/go/jahresbericht_2019)

### Forschung

<b>Trockenzeit in der Biosphäre 2</b> <i>Versuche im künstlichen Regenwald zeigen, wie Pflanzen auf Stress reagieren</i>	4
<b>Heilsamer Glaube</b> <i>Wie Spiritualität bei der Bewältigung von Kriegstraumata helfen kann</i>	8
<b>Nachhaltigkeit auf dem Prüfstand</b> <i>Effekte von neuen Produkten auf Mensch, Natur und Wirtschaft</i>	12
<b>Schnapp und klapp</b> <i>Nachgebaute Fangwerkzeuge von Venusfliegenfallen übertreffen die Originale</i>	16
<b>Von Musiktruhe bis Bluetooth-Speaker</b> <i>Die Bedeutung von Abspielgeräten im gesellschaftlichen Wandel</i>	20
<b>Bis in den letzten Winkel</b> <i>Multisensorsysteme erfassen den Zustand von Bauwerken und Wäldern</i>	24
<b>Zur Muße verdammt</b> <i>Der Weg fernab von Politik zur berühmtesten Strategie Machiavellis</i>	28
<b>Nähe zum organisierten Verbrechen</b> <i>Gesellschaftliche und wirtschaftliche Aspekte rund um den Sandhandel</i>	32
<b>Weg mit dem Müll</b> <i>In Zellen wird überflüssiges Material gesammelt, umgebaut und recycelt</i>	36
<b>Lehre</b>	
<b>Entrepreneurship Education</b> <i>Street-Art als neues betriebswirtschaftliches Lehrformat</i>	40
<b>Gesundheitsfürsorge in Metropolen</b> <i>Lernen, wie sich gesundheitliche Risiken in Städten bewältigen lassen</i>	44
<b>Zusammenspiel von Musik und Körper</b> <i>Die Gesänge der untergegangenen Freiburger Kartause</i>	48

# Trockenzeit in der Biosphäre 2

Versuche im künstlichen Regenwald zeigen,  
wie Pflanzen auf Stress reagieren

von Claudia Fübler



*In Arizona/USA wächst seit 30 Jahren unter einer Glaskuppel ein Regenwald. Dessen Bäume sind bis zu 25 Meter hoch. Hier untersucht ein Team aus Freiburg, wie Pflanzen während ihres Stoffwechsels Moleküle verarbeiten. Fotos: B2 WALD/Biosphere 2*

Schon seit Wochen verzichtet Prof. Dr. Christiane Werner auf Parfum, Deo, Haarspray und Sonnencreme – genau wie ihr Team. Der Grund für diesen Minimalismus ist die Wissenschaft, denn aus den Produkten treten flüchtige Substanzen aus, die wichtige Messungen verfälschen können. Diese Messungen finden in einem Komplex statt, den Werner „kleine Erde“ nennt: eine Forschungsstation namens „Biosphäre 2“ mitten in Arizona/USA mit einem in Beton gegossenen Fundament und einer riesigen Glaskuppel. Hier wächst seit 30 Jahren ein tropischer Wald, in dem es auch Flüsse und einen Wasserfall gibt. Die Bäume sind inzwischen 25 Meter hoch. Die Basisstation der Forscherinnen und Forscher liegt in einem kleinen künstlichen Hügel inmitten des Regenwaldes. Der durfte sich in den vergangenen Jahrzehnten fast frei von menschlichen Einflüssen entwickeln. Vegetation, Bodenformationsprozesse und Mikrobiologie sind nicht gemanagt worden und bilden jetzt ein in sich geschlossenes Ökosystem. „Wir haben hier einen idealen Mix aus Labor und Freiland“, sagt Werner, die am Institut für Forstwissenschaften der Universität Freiburg lehrt und forscht. Sie interessiert sich dafür, wie der Stoffwechsel von Pflanzen verschiedene Moleküle verarbeitet und wie dieser Vorgang Ökosysteme beeinflusst. Doch Werner betrachtet dabei nicht nur den Normalzustand der Pflanzen, sondern auch und vor allem Situationen, in denen sie durch klimatische Extrembedingungen wie Dürre oder Frost unter Stress stehen.

#### Auswirkungen von Trockenperioden

Diese Bedingungen können die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Biosphäre 2 simulieren. Werner und ihr Team haben gerade vier Monate lang untersucht, wie sich anhaltende Trockenperioden auf die Vegetation auswirken. Sie legten Wasserfall und Fluss trocken und enthielten den Pflanzen so wochenlang eine Lebensgrundlage vor. Danach wurde Biosphäre 2 – minutiös geplant und dokumentiert – wieder mit Wasser versorgt. Während der gesamten Zeit erfassten die Forschenden, wie sich beispielsweise Atmosphäre, Frischluftgehalt oder Temperatur veränderten. Die Freiburger Professorin koordiniert das Projekt gemeinsam mit ihrer Assistentin Dr. Nemiah Ladd und mit Dr. Laura Meredith von der Universität Arizona, der Direktorin des Biosphären-Tropenregenwaldes. Insgesamt arbeiten

82 Forscher, von Masterstudierenden bis zu Professoren, aus 20 Arbeitsgruppen und 13 Institutionen in Deutschland, den USA, der Schweiz, Österreich und Schottland am B2-WALD-Projekt mit. „WALD“ steht für „Water, Atmosphere and Live Dynamics“. Zur Finanzierung nutzt Werner den Consolidator Grant des Europäischen Forschungsrats (ERC), den sie 2015 erhielt. Infrastruktur, Techniker und Unterkünfte stellt Biosphäre 2.

Bei dem B2-WALD-Projekt des Freiburger Teams stehen so genannte flüchtige organische Verbindungen, kurz BVOC (Biogenic Volatile Organic Compounds), besonders im Fokus. „Pflanzen tauschen nicht nur Kohlendioxid und Wasserdampf aus, sondern geben auch solche flüchtigen Verbindungen in die Atmosphäre ab“, sagt Werner. „Wir gehen davon aus, dass diese für Pflanzen gewisse Schutzmechanismen sowie eine Art Signal in der Atmosphärenchemie darstellen, das der Kommunikation zwischen den Pflanzen dient.“

### „Wir haben hier einen idealen Mix aus Labor und Freiland“

Wie einzelne Pflanzen miteinander interagieren und sich – vermutlich über Blätter, Wurzeln und die Bodenmikrobiologie – verständigen, versuchen die Wissenschaftler herauszufinden. Dabei stoßen sie immer wieder auf Überraschendes: So geben Wurzeln beispielsweise BVOC ab, doch diese Verbindungen können nicht im selben Maß, in dem sie emittiert werden, in den Bodenflüssen oder der Atmosphäre gemessen werden. „Da liegt der Verdacht nahe, dass die Bodenmikroben von den BVOC profitieren und sie beispielsweise als Energiequelle nutzen“, sagt Werner. Was also spielt sich genau in dieser Rhizosphäre ab, wie die bis zu vier Millimeter große Zone um eine lebende Wurzel herum genannt wird? Warnen sich Pflanzen gegenseitig vor Gefahren? Geben sie Informationen weiter, zum Beispiel die, dass ab sofort besonders sorgsam mit den noch vorhandenen Wasservorräten umgegangen werden muss?

#### Beobachtungen in Echtzeit

Ganz grob, so Werner, wisse man bereits, wie Dürren sich auf Wälder auswirkten. „In Deutschland haben wir das ja erst im vergangenen Jahr sehr deutlich erlebt.“ Was die Wissenschaftler



Jede Pflanze wird an die Versuchsgeschichte angeschlossen. So erhalten die Forschenden Ergebnisse in Echtzeit. Foto: B2 WALD/Biosphere 2

6



jedoch noch nicht gut verstehen, sind die Interaktionen und Kommunikationsprozesse. Das sei aber nachvollziehbar, wenn man sich bewusst mache, wie ungeheuer komplex jedes Ökosystem sei, sagt Werner. „Sie müssen sich vorstellen, dass jede winzige Änderung, jede Veränderung an einer kleinen Stellschraube automatisch zahlreiche Wechselwirkungen mit sich bringt.“ Was Ursache und was Wirkung ist, wie einzelne Prozesse ablaufen, was eine Veränderung im Boden mit neuen Zuständen in der Atmosphäre zu tun hat – unzählige solcher kleinen Details ins große Ganze zu setzen, das ist das Detektivspiel, das die Professorin so liebt: „Ich möchte nicht nur beschreiben, sondern erklären können, welche Komponente welche Rolle spielt.“

Die Basis für diese Arbeit liefert unter anderem die Technik. Werner und ihre Kolleginnen und Kollegen ließen 20 Hightech-Geräte in die USA

bringen, um in dem weltweit einzigartigen Komplex Daten sammeln zu können. Unter anderem mithilfe von Laser- und Massenspektrometern kann das Team in Echtzeit verfolgen, welchen Weg einzelne Atome, BVOC und Kohlendioxid in den Pflanzen nehmen. Die Wissenschaftler können im Minuten- und Stundentakt beobachten, wie Bäume und Sträucher in der Biosphäre 2 auf veränderte Bedingungen reagieren. „Da fiebert immer jeder mit“, sagt Werner. Die Technik ermöglicht dem Forschungsteam außerdem, in Echtzeit die Ergebnisse des so genannten Isotopenlabeling zu verfolgen: Dabei werden Wasser und Kohlendioxid markiert, sodass ihre Bewegungen innerhalb des Ökosystems nachvollziehbar sind. Dazu haben die Forscher zu Beginn den Wald luftdicht verschlossen und morgens markiertes Kohlendioxid in die Luft geblasen. Das Kohlendioxid wurde innerhalb kurzer Zeit in die Blätter und die BVOC aufgenommen, und die Forscher konnten beobachten, wie es über

Tage von den Baumkronen über die Stämme in den Boden geleitet wurde. Am Ende der Trockenzeit wiederholten sie den Versuch mit der doppelten Menge an markiertem CO<sub>2</sub>. Die stabile Isotopenmarkierung ermöglicht auch langfristige Untersuchungen. So kann beispielsweise in den kommenden Jahren analysiert werden, wie lange der Kohlenstoff im Boden stabil bleibt. Nach der künstlich herbeigeführten Dürreperiode wurde die Biosphäre 2 von unten wieder bewässert. So können die Forschenden der Frage nachgehen, wie wichtig tief wurzelnde Pflanzen und Bäume für das Ökosystem sind.

### **Einfluss auf das Gesamtökosystem**

Spannend ist auch der Aspekt der Diversität. „Offenbar verhält es sich so: Je diverser ein Wald ist, umso besser sind seine Antworten gepuffert – er kann also besser mit Veränderungen im Ökosystem umgehen als ein homogener Wald“, erläutert Werner. Zu klären, welche Arten dabei welchen Einfluss auf den Gesamtökosystemfluss haben, gehört zu den Aufgaben der Wissenschaftler. Doch diese und viele andere Fragen werden noch eine Weile unbeantwortet bleiben, denn solange das Experiment mit der „kleinen Erde“ läuft, gibt es für alle Beteiligten nur eine Aufgabe: messen, was nur geht, Daten erfassen, beobachten, Proben nehmen.

## „Da fiebert immer jeder mit“

Ausgewertet werden all diese Informationen später. Langweilig wird es den Forschenden dennoch nicht: Klimaanlage fällt aus, Geräte stürzen ab, und bei den vier Kilometer Teflonschläuchen, die im Biosphäre-2-Wald verlegt sind, hakt es auch immer wieder. „Die Koordination dieses Projekts ist eine enorme Herausforderung. Ich bin nur am Werkeln und Organisieren, weil eigentlich immer irgendwo irgendwas ist“, sagt die Freiburger Professorin. Und schiebt gleich hinterher, weshalb sie dennoch mit Begeisterung dabei ist: „Ein so verrücktes Experiment habe ich noch nirgendwo sonst gesehen.“

[www.twitter.com/c\\_werner](https://www.twitter.com/c_werner)



Messungen mit Wasserversorgung und bei Dürre: Untersucht werden die Pflanzen nicht nur in ihrem Normalzustand, sondern in Situationen, in denen sie gestresst sind durch klimatische Extrembedingungen.

Foto: B2 WALD/Biosphere 2



**Prof. Dr. Christiane Werner** hat Biologie an der Universität Köln studiert. Schon während ihrer Diplomarbeit befasste sie sich mit den Anpassungsstrategien von Pflanzen. In Bielefeld wurde sie über Anpassungsstrategien mediterraner Hartlaubarten promoviert. 2004 wurde sie an der Universität Bielefeld Juniorprofessorin für Pflanzenökophysiologie und baute dort ein Labor für stabile Isotope auf. 2012 nahm sie einen Ruf nach Bayreuth an, wo sie als Professorin für Agrarökosystemforschung die Arbeitsgruppe Ökosystemforschung in Agrar- und natürlichen Systemen initiierte und leitete. Seit 2015 ist sie Professorin für Ökosystemphysiologie an der Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg.

Foto: Klaus Polkowski

### **Zum Weiterlesen**

Stokstad, E. (2019): Drought test begins in Biosphere 2 rainforest. In: Science 366 (6463), S. 289–290. DOI: 10.1126/science.366.6463.289.

Fasbender L., Yáñez-Serrano A. M., Kreuzwieser, J., Dubbert, D., Werner, C. (2018): A novel approach combining PTR-TOF-MS, <sup>13</sup>CO<sub>2</sub> laser spectroscopy and <sup>13</sup>C-metabolite labelling to trace real-time carbon allocation into biogenic volatile organic compounds (BVOCs) and respiratory carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). In: PLOS One, 13: e0204398. DOI: 10.1371/journal.pone.0204398

Yáñez-Serrano A. M., Mahlau, L., Fasbender, L., Byron, J., Williams, J., Kreuzwieser, J., Werner, C. (2019): Incorporation of cytosolic pyruvate in isoprene biosynthesis is enhanced under heat as a mechanism of plants to increase thermotolerance. In: Journal of exp. Botany: 70, S. 5827–5838. DOI: 10.1093/jxb/erz353

# Heilsamer Glaube

Wie Spiritualität bei der Bewältigung von Kriegstraumata helfen kann

von Verena Adt



**D**a ist der 57-jährige Mann in Zagreb/Kroatien, der vor 25 Jahren mit ansehen musste, wie sein bester Freund getötet wurde. Ein 45-Jähriger, der gefoltert wurde, als er noch keine 20 Jahre alt war. Da ist die 49-jährige Muslimin in der bosnisch-herzegowinischen Hauptstadt Sarajevo, die als junge Frau in einem Lager vergewaltigt wurde. Was haben sie gemeinsam? Alle haben während der Kriege auf dem Balkan, die von 1991 bis 1995 im ehemaligen Jugoslawien wüteten, Gewalt am eigenen Leib und an der eigenen Seele erfahren. „Und alle leiden sie heute noch an Posttraumatischen Belastungsstörungen, obwohl sie seit Jahren oder Jahrzehnten psychiatrisch behandelt werden“, konstatiert Dr. Andrijana Glavas, während sie in einem dicken Stapel grüner Fragebogen blättert, aus denen sie ein paar herausgefischt hat.



*Eine Befragung unter psychisch Erkrankten ergab, dass die, denen Spiritualität und Glaube etwas bedeuten, sich eher zutrauen, mit ihren Problemen fertigzuwerden. Foto: doidadam10/stock.adobe.com*

Die Fragebogen, auf denen Patientinnen und -patienten mit Traumafolgestörungen aus Kroatien und Bosnien-Herzegowina über ihr Befinden Auskunft geben, sind das Basismaterial für eine fächerübergreifende wissenschaftliche Studie, welche die ausgebildete Ärztin Glavas als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Theologischen Fakultät der Universität Freiburg durchgeführt hat. Die Ausgangsfrage der Wissenschaftlerin lautete: Ist die psychiatrische Behandlung Posttraumatischer Belastungsstörungen (PTBS) erfolgreicher, wenn neben medizinischen Indikationen auch spirituellen und religiösen Bedürfnissen der Patienten Rechnung getragen wird? Angeregt zu dieser Forschung hat sie Prof. Dr. Klaus Baumann. Der katholische Theologe, der auch approbierter Psychotherapeut ist, und die praxiserfahrene Allgemeinmedizinerin haben bei ihren Untersuchungen festgestellt, dass bei herkömmlichen psychiatrischen Therapien oft keine Fortschritte erzielt werden.

#### **Fragen zur Selbstwahrnehmung**

Bei der umfangreichen Patientenbefragung, die Glavas vornahm, gaben 80 Prozent der Befragten an, dass sie in spirituellen oder religiösen Quellen Halt suchten oder fänden. Zugleich zeigte die Auswertung, dass die psychisch Erkrankten, denen Spiritualität und Glaube etwas bedeuten, insgesamt zufriedener mit ihrem Leben sind und sich eher zutrauen, mit ihren Problemen fertigzuwerden. Glavas ist es wichtig, empirische Forschung zu betreiben, die medizinwissenschaftlichen Kriterien standhält. „Wir haben bei dieser Studie mit fünf Universitätskliniken und vier Krankenhäusern für Psychiatrie in Kroatien und Bosnien-Herzegowina zusammengearbeitet“, erklärt sie. „Ärztinnen und Ärzte interessieren sich zunehmend für einen ganzheitlichen Ansatz, der auch Spiritual Care umfasst.“ Für ihre Hauptstudie hat die Medizinerin

Selbstauskünfte von über 1.200 Patienten ausgewertet. Der umfangreiche Fragebogen enthält 280 Fragen zur Selbstwahrnehmung. Die Patienten mussten jeweils anhand einer Skala die Häufigkeit oder Stärke einer bestimmten Empfindung einschätzen. Den aus der Erhebung gewonnenen großen Datensatz will Glavas später in zusätzlichen Studien weiterverarbeiten.

### **„Ärzte interessieren sich zunehmend für einen ganzheitlichen Ansatz“**

Nachdem ihre Studie das Bedürfnis vieler PTBS-Patienten nach spirituellen und geistlichen Angeboten nachgewiesen habe, müssten nun Ärzte sowie Vertreterinnen und Vertreter aller angesprochenen Konfessionen und Glaubensrichtungen gemeinsam entsprechende Ausbildungsmodule für die Ärzte entwickeln. „Es wäre mein Traum, wenn Religiosität und Spiritualität in die Anamnese aufgenommen würden“, also bei der Erfragung der Krankengeschichte ebenso zur Sprache kämen wie physiologische Parameter.

#### **Traumata durch Gewalterfahrungen**

Menschen mit PTBS haben häufig Angststörungen, fühlen sich hilflos und ausgeliefert, auch noch viele Jahre nach dem Erlebten. Sie leiden oft an Schlaflosigkeit, Reizbarkeit und Schreckhaftigkeit. Ein typisches Symptom sind so genannte Flashbacks, bei denen die Patienten das traumatische Geschehen im Geist immer wieder durchleben. Andere versuchen, die traumatische Erfahrung komplett auszublenden. Sie wirken meist abgestumpft und gleichgültig und ziehen sich von ihrer Umgebung zurück. Die Auswirkungen von PTBS auf die berufliche und soziale



*Überlebenden von Kriegsverbrechen wie des Massakers von Srebrenica/Bosnien-Herzegowina im Jahr 1995 leiden noch heute an Posttraumatischen Belastungsstörungen, obwohl sie psychiatrisch behandelt werden.*

*Foto: Michael Büker/Wikimedia Commons (cc-by-3.0)*

Existenz der Erkrankten können dramatisch sein. Die Betroffenen seien meist nicht in der Lage, einer Arbeit nachzugehen und ein normales soziales Leben zu führen, so Glavas, zudem seien sie häufig suizidgefährdet. Erschwerend kommt hinzu, dass Traumata von den Betroffenen in vielen Fällen an ihre Angehörigen, vor allem Frauen und Kinder, weitergegeben werden. Solche sekundären Traumata seien in Kroatien in fast jeder dritten Familie mit einem PTBS-Patienten festzustellen. Das Leiden verschwindet nicht mit der Zeit, sondern es setzt sich über Generationen fort. Und es entstehen immer wieder neue Herde: „Mit den vielen Konflikten, kriegerischen Auseinandersetzungen, Migrations- und Fluchtbewegungen, die wir heute in der Welt beobachten, wird es noch viel mehr solche Erkrankungen geben“, sagt die Ärztin.

Baumann teilt diese Einschätzung. Er forscht seit zehn Jahren zu den religiösen und spirituellen Bedürfnissen psychisch kranker Menschen und hat Studien dazu in Deutschland und in Korea durchgeführt. Aktuell befasst er sich mit der Lage im Gebiet der Afrikanischen Großen Seen: „Da geht es um die Folgen der andauernden Gewalt im ostafrikanischen Burundi, die eine Massen-

flucht vor allem junger Menschen nach Ruanda ausgelöst hat.“ Seine Erhebungen nimmt Baumann gemeinsam mit einem afrikanischen Nachwuchswissenschaftler im größten Auffanglager für burundische Flüchtlinge in Ruanda vor. Viele seien „von Gewalterfahrungen seelisch gezeichnet“. In Afrika würden Traumageschädigte aber so gut wie nie medizinisch versorgt. Verhaltensauffällige Menschen würden traditionell als „Besessene“ gebrandmarkt und ausgegrenzt.

**„Eine Kultur entwickeln, die dem Frieden dient, der Versöhnung, der Akzeptanz von Vielfalt“**

„Darum zielt unser Projekt zuerst darauf, durch empirische Forschung und Zusammenarbeit mit dortigen Universitäten sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aufklärend zu wirken“, sagt Baumann. Die Kirche – „ich meine hier nicht den Klerus, sondern die Kirche im ökumenischen Sinn, sprich: alle Getauften“ – könne hierzu einen wichtigen Beitrag leisten, denn sie sei durch ihre Gemeinden vor Ort präsent. „Da gilt es, mithilfe von Multi-

**Bedürfnisse (SpHQ)**

Im Folgenden finden Sie Aussagen zu bestimmten Bedürfnissen, wie sie sich selbstbestimmte Menschen äußern würden. Bitte überprüfen Sie, inwieweit diese für Sie persönlich in der letzten Zeit zutrifften. Wenn dieses Bedürfnis für Sie besonders dann geben Sie bitte auch an, wie stark dieses bei Ihnen ausgeprägt ist.

Haben Sie in der letzten Zeit das Bedürfnis gehabt ...	keine	gering	mittel	groß
mit jemandem über Ihre Ängste und Sorgen reden zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
auf Ihr bestmögliches Leben zurückzublicken?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ungehörte Dinge aus Ihrem Leben zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
in die Schönheit der Natur eintauchen zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
an einem Ort der Ruhe und des Friedens verweilen zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
innewards Frieden finden zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
einen Sinn in Ihrer Krankheit bzw. Lebensbeeinträchtigung sehen zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mit jemandem die Frage nach dem Sinn im Leben anzusprechen zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
mit jemandem über die Möglichkeit eines Lebens nach dem Tod reden zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ach jemandem beiseite zuwenden zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
etwas von sich verschlecken zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
jemandem Frost spenden zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
jemandem aus einem bestimmten Abschnitt Ihres Lebens vergeben zu können?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
dass Ihnen vergeben wird?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
das Vergessen von Ihrer Gemeinde bzw. ...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

über durch Auswirkungen / Symptome beeinträchtigt waren:  
 1  2  3  4  
 5  6  7  8  
 9  10  11  12  
 13  14  15  16  
 17  18  19  20  
 21  22  23  24  
 25  26  27  28  
 29  30  31  32  
 33  34  35  36  
 37  38  39  40  
 41  42  43  44  
 45  46  47  48  
 49  50  51  52  
 53  54  55  56  
 57  58  59  60  
 61  62  63  64  
 65  66  67  68  
 69  70  71  72  
 73  74  75  76  
 77  78  79  80  
 81  82  83  84  
 85  86  87  88  
 89  90  91  92  
 93  94  95  96  
 97  98  99  100  
 101  102  103  104  
 105  106  107  108  
 109  110  111  112  
 113  114  115  116  
 117  118  119  120  
 121  122  123  124  
 125  126  127  128  
 129  130  131  132  
 133  134  135  136  
 137  138  139  140  
 141  142  143  144  
 145  146  147  148  
 149  150  151  152  
 153  154  155  156  
 157  158  159  160  
 161  162  163  164  
 165  166  167  168  
 169  170  171  172  
 173  174  175  176  
 177  178  179  180  
 181  182  183  184  
 185  186  187  188  
 189  190  191  192  
 193  194  195  196  
 197  198  199  200

plikatoren, die wir schulen wollen, eine Kultur zu entwickeln, die dem Frieden dient, der Versöhnung, der Akzeptanz von Vielfalt, besonders in Bezug auf die ethnischen Unterschiede.“ Baumann plädiert auch für „politische Anwaltschaft“ der Kirche durch ihre Zivilorganisationen wie die Caritas: „Sie muss sich für effektivere Armutsbekämpfung und nachhaltige Entwicklungszusammenarbeit einsetzen und daran selbst mitwirken. Wesentlich sind außerdem die Bekämpfung von Korruption und die Heranbildung von korruptionsresistenten Führungskräften sowie eine von der politischen Herrschaft unabhängige und unbestechliche Justiz.“

Glavas will ebenfalls „die Kirche ins Boot holen“. Sie fordert mehr kirchliches Engagement, um die Erkenntnisse ihrer Studie in eine wirksamere Behandlung von PTBS-Patienten umzusetzen. Die Ärztin ist sich mit dem Theologen Baumann einig, dass Kriegstraumata nicht nur von den betroffenen Individuen, sondern auch von den Gesellschaften bewältigt werden müssen. Im ehemaligen Jugoslawien sei es bis heute nicht zu einer Aussöhnung zwischen den feindlichen Lagern gekommen, sagt Glavas: „Deshalb ist der Balkan bis heute ein Pulverfass.“



**Dr. Andrijana Glavas** studierte Medizin in Rijeka/Kroatien und war anschließend als Ärztin in Kroatien tätig, bevor sie 2005 ein Aufbaustudium in Caritaswissenschaft an der Theologischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität aufnahm. Nach ihrem Diplomabschluss mit einer Arbeit zum Thema „Posttraumatische Belastungsstörungen am Beispiel kroatischer Soldaten“ wurde sie 2008 akademische Mitarbeiterin an der Universität Freiburg und Doktorandin am Arbeitsbereich Caritaswissenschaft und Christliche Sozialarbeit. Ihre Doktorarbeit befasst sich mit der Frage, welche Rolle Religiosität und Spiritualität bei psychiatrischen Patienten in Kroatien spielen. Der Schwerpunkt ihrer Forschung liegt in der Untersuchung von Posttraumatischen Belastungsstörungen und Traumafolgestörungen sowie anderen psychischen Erkrankungen im religiös-spirituellen Kontext.



**Prof. Dr. Klaus Baumann** studierte Theologie und Psychologie in Freiburg und Rom/Italien. 1996 promovierte er an der Päpstlichen Universität Gregoriana. Seit 2004 ist er Direktor des Arbeitsbereichs Caritaswissenschaft und Christliche Sozialarbeit am Institut für Praktische Theologie der Universität Freiburg und arbeitet gleichzeitig als Psychotherapeut im Auftrag der Erzdiözese Freiburg. Sein wissenschaftlicher Schwerpunkt ist der Dialog zwischen Theologie und Human- und Sozialwissenschaften, insbesondere der Psychologie. Außerdem forscht er zu Caritatheologie, -geschichte und -spiritualität sowie zu aktuellen Fragen öffentlicher und freier Wohlfahrt aus deutscher, europäischer und weltkirchlicher Perspektive.

Fotos: Thomas Kunz

## Zum Weiterlesen

Glavas, A. (2018): Religiosität bzw. Spiritualität und Traumabewältigung. In: Baumann, K., Bendel, R., Maruhukiro, D. (Hrsg.): Flucht, Trauma, Integration; Nachkriegseuropa und Ruanda/Burundi im Vergleich. Berlin, Münster, Wien, Zürich, S. 17–28.

Glavas, A., Jors, K., Büssing, A., Baumann, K. (2017): Spiritual Needs of PTSD Patients in Croatia and Bosnia-Herzegovina: A Quantitative Pilot Study. In: Psychiatria Danubina, 29/3, S. 282–290.

[www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/forschen-und-entdecken/seelen-entgiften](http://www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/forschen-und-entdecken/seelen-entgiften)



# Nachhaltigkeit auf dem Prüfstand

Effekte von neuen Produkten auf Mensch, Natur und Wirtschaft

von Dietrich Roeschmann

*Ein Forschungsteam der Industrial Ecology schätzt Emissionseinsparpotenziale und Langzeitfolgen von neuen Produkten oder Technologien ab. Es untersuchte unter anderem die Umweltauswirkungen des „FreiburgCup“, einer Alternative zu Einwegbechern. Foto: Sandra Meyndt*

Wenn Juniorprofessor Dr. Stefan Pauliuk aus dem Fenster seines Büros schaut, blickt er auf die schöne Stahlkonstruktion, die vor acht Jahren im Innenhof des Herderbaus installiert wurde. Wie Bäume ragen die vier Träger aus dem Boden, streben zum Himmel und verästeln sich unter dem gewölbten Foliendach, das sie tragen. Auf diese Weise sollte der Hof wetterfest gemacht werden, zugleich aber die denkmalgeschützte Fassade erhalten bleiben. Doch die Maßnahme hatte nicht nur Vorteile: Steigen im Sommer die Temperaturen, heizt sich der überdachte Innenhof auf – und mit ihm die Büros in den oberen Etagen. „Das ist ein einfaches Beispiel für das unausweichliche Problem, dass alles, was wir tun, irgendwo im System Folgen hat“, sagt Pauliuk. „Bauen wir ein Dach über einen Hof, verändert sich das Mikroklima; steigende Temperaturen erfordern Kühlungsmaßnahmen, die wiederum den Energieverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen ansteigen lassen und anderswo erneut Hitze produzieren.“

### Wechselwirkungen der Nachhaltigkeit

Täglich berechnet Pauliuk die Effekte solcher Wenn-dann-Szenarien auf Mensch, Natur und Wirtschaft. Seit vier Jahren leitet er die Arbeitsgruppe für nachhaltiges Energie- und Stoffstrommanagement an der Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg. „Unser zentrales Forschungsgebiet ist die Industriesystemanalyse, das heißt die Modellierung der stofflichen und energetischen Grundlagen der Gesellschaft mit Blick auf deren nachhaltige Entwicklung“, erklärt er. Wichtig dafür sei, das Zusammenwirken unterschiedlicher Instrumente wie technischer Lösungen, ökonomischer Anreize, rechtlicher Vorgaben oder sozialer Standards vorausschauend zu bewerten. In seinem Forschungsfeld der Industrial Ecology gehe es darum, Emissionseinsparpotenziale und Langzeitfolgen von neuen Produkten oder Technologien abzuschätzen und Umwelteffekte von Strategien der Energie- und Materialeffizienz in Industrie, Bau und Transport zu berechnen. Pauliuk dekliniert Nachhaltigkeit samt vielen denkbaren Wechselwirkungen durch – bis hin zu sozialen oder psychologischen Effekten wie der Zunahme des so genannten

Awareness-Faktors, sprich: des Wahrnehmungs- und Bekanntheitsgrads, und dessen Bedeutung für das Konsumverhalten der Menschen.

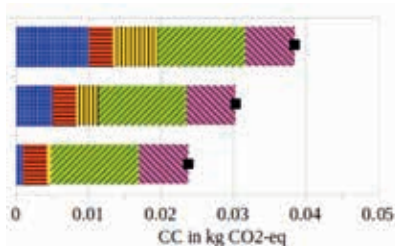
Über mangelndes Interesse an seinen Ergebnissen kann sich der Physiker momentan nicht beklagen, denn er ist mit seiner Forschung nahe am Alltag der Menschen, an Fragen von Konsum und Lifestyle, Moral und Freiheit. So veröffentlichten Pauliuk und sein Team auch eine Studie zum „FreiburgCup“. Ende 2016 hatte die Abfallwirtschaft und Stadtreinigung Freiburg GmbH diesen Plastikbecher mit Schwarzwaldmotivaufdruck eingeführt, um dem wachsenden Müllaufkommen durch weggeworfene Coffee-to-go-Becher etwas entgegenzusetzen.

**„Als Forschende haben wir einen anderen, distanzierteren, kritischeren Blick“**

Rund 12 Millionen Einwegbecher landeten 2015 nach Schätzungen der Stadt in den Abfallbehältern, die statt einmal nun bis zu dreimal täglich geleert werden mussten – mit entsprechenden Folgekosten für die Kommune. Ganz zu schweigen von der Verschwendung, die es bedeutet, ein relativ hochwertiges Produkt wie einen flüssigkeitsbeständigen Pappbecher samt Plastikdeckel nach nur einmaligem Gebrauch zu entsorgen. Der FreiburgCup dagegen wird gegen eine Pfandgebühr von einem Euro ausgegeben und kann in mittlerweile rund 130 am FreiburgCup-System teilnehmenden Cafés, Geschäften und Mensen zurückgegeben werden. Das Projekt fand bundesweit viele Nachahmer. „Wir tun was“, lautete die Botschaft“, sagt Pauliuk, „doch als Forschende haben wir einen anderen, distanzierteren, kritischeren Blick.“ Deshalb lautete seine Frage: Hat der FreiburgCup tatsächlich eine bessere Ökobilanz als der Einweg-Pappbecher?

„Wir wollten wissen, unter welchen Bedingungen ein solches Pfandsystem nachhaltig sein kann und haben dafür die Umweltauswirkungen beider Produkte und ihrer Nutzung analysiert“, sagt Pauliuk. Die Freiburger Wissenschaftlerinnen und

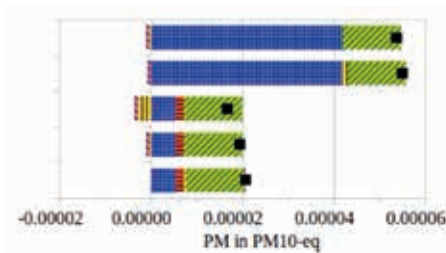
### Umweltbilanz



Der Effekt des FreiburgCup, angegeben in der Einheit CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, auf den Klimawandel (Climate Change, CC) bei 10, 20 und 100 Nutzungen mit Einwegdeckel.

*Er sollte nicht im Schrank verstauben: Bei 100-maliger Nutzung FreiburgCup reduziert sich der Klimaeffekt auf etwa ein Viertel im Vergleich zu zehn Nutzungen. Grafik: AG Pauliuk*

### Feinstaubemission



Pappbecher / Verbrennung mit Energierückgewinnung  
Pappbecher / Verbrennung ohne Energierückgewinnung  
FreiburgCup / 20 Nutzungen / Recycling des Tassenmaterials  
FreiburgCup / 20 Nutzungen / Verbrennung mit Energierückgewinnung  
FreiburgCup / 20 Nutzungen / Ohne Energierückgewinnung

*Genereller Vorteil des FreiburgCup bereits bei nur zwanzig Nutzungen: Dadurch entfallen die mit der Produktion des Pappbechers verbundenen Feinstaubemissionen. Grafik: AG Pauliuk*

Wissenschaftler verglichen die CO<sub>2</sub>- und Feinstaubemissionen bei der Produktion von Plastik- und Pappbecher, nahmen die Landnutzung für die Papierherstellung unter die Lupe, berechneten Energieverbrauch und -gewinnung beim Recycling und ermittelten die Klimabilanz des Stroms, der bei der Müllverbrennung von Einwegbechern erzeugt wird. Die Forschenden kamen zu einem überraschenden Schluss: Die Umweltauswirkungen des FreiburgCups und eines Einweg-Pappbechers seien in den meisten untersuchten Szenarien und zentralen Umweltauswirkungskategorien vergleichbar. „Wie bei anderen Mehrwegverpackungen auch hängt die Umweltbilanz des FreiburgCups von der Häufigkeit seiner Verwendung ab“, sagt Pauliuk. Werde er zehnmal genutzt und dann weggestellt, sei die Bilanz kaum besser als die des Pappbechers – erst recht bei Verwendung eines Einweg-Plastikdeckels. Die Stadt reagierte und präsentierte im Januar 2019 eine überarbeitete Version des FreiburgCups – mit Mehrwegdeckel und offensiverer Werbung für den Umstieg vom Einweg- ins Pfandsystem.

In anderen Studien verglichen Pauliuk und sein Team die Klimabilanz von Palm- und Rapsöldiesel bei unterschiedlichen Formen der Landnutzung, untersuchten die Umweltauswirkungen des Imports von Früchten mit langen Transportwegen

*Inmitten von aus wirtschaftlichen und politischen Interessen motivierten Debatten: Pauliuk berechnet die Ökobilanz von Elektroautos und Brennstoffzellen-PKW. Seine Untersuchungen zeigen, dass für die Klimabilanz der Strommix entscheidend ist. Foto:*

*Oleksandr/stock.adobe.com*

oder, wie zuletzt, die Ökobilanz von Elektroautos versus Brennstoffzellen-PKW. Mit Studien wie diesen bewegt sich Pauliuk inmitten von kontrovers geführten, durch unterschiedliche wirtschaftliche und politische Interessen motivierte Debatten. Stören tut ihn das nicht, im Gegenteil: „Ich bin Wissenschaftler“, sagt er, „ich liefere Zahlen und Analysen für diejenigen, die Politik, Unternehmen oder Umweltverbände beraten, und für die Öffentlichkeit.“ Dass seinen Untersuchungen zufolge die Batterie des Elektroautos einen deutlich höheren Wirkungsgrad und entsprechend geringere Umweltauswirkungen pro gefahrenem Kilometer hat als die Elektrolyse bei Brennstoffzellen-PKW, ist nur eines von vielen Ergebnissen dieser Studie. Entscheidender für die Klimabilanz beider Antriebe sei der Strommix, aus dem sie sich speisten.

### Blog mit Studienergebnissen

„Deshalb ist es wichtig zu verstehen, dass die neuen PKW nicht grundsätzlich nachhaltig und besser für Umwelt und Klima sind, sondern nur bestimmte Umweltauswirkungen reduzieren können. Mit dem derzeitigen Strommix wäre ein Umstieg auf alternative Antriebe noch keine gute Idee“, resümiert Pauliuk in „State of Affairs“, seinem Blog für „sustainability and the science behind it“, in dem er ausgewählte Ergebnisse seiner Studien für ein interessiertes Publikum aufbereitet.

Auf einer Tagung des Umweltbundesamtes zum Thema „Resource-Efficient Decarbonization Pathways“ gab Pauliuk einen Über-

blick über seine Forschungsarbeit für das International Resource Panel, ein Expertengremium, das im Auftrag des UN-Umweltprogramms Staaten dabei unterstützen soll, natürliche Ressourcen nachhaltig zu nutzen, ohne das Wirtschaftswachstum oder menschliche Bedürfnisse einzuschränken. Ein zentrales Thema ist für ihn derzeit die Modellierung des globalen CO<sub>2</sub>-Einsparpotenzials durch Strategien zur Steigerung der Energie- und Materialeffizienz in der Metallindustrie.

## „Nachhaltigkeit ist längst kein leeres Schlagwort mehr“

Bis zu einem Drittel der globalen Emissionen könnten so eingespart werden, sagt er – theoretisch: „Was in der Praxis möglich ist, hängt davon ab, inwieweit es gelingt, die Option der Materialeffizienz ins Blickfeld der Entscheiderinnen und Entscheider in Politik und Wirtschaft zu rücken.“ Was ihn freut, ist, dass er dafür auf breite Unterstützung auch abseits des akademischen Betriebs zählen kann. „Nachhaltigkeit ist längst kein leeres Schlagwort mehr“, sagt er, „der Druck auf die Politik hat sich deutlich erhöht, nicht zuletzt durch die Fridays-for-Future-Bewegung. Das ist gut so. Die Menschen – gerade die jungen – wollen etwas tun. Sie wollen Verantwortung übernehmen. Und sie sind bereit, dafür ihre Lebensgewohnheiten umzustellen.“

[www.blog.industrialecology.uni-freiburg.de/](http://www.blog.industrialecology.uni-freiburg.de/)



### Juniorprofessor

#### Dr. Stefan Pauliuk

hat an der Friedrich-Schiller-Universität Jena Physik studiert und 2013 an der University of Science and Technology in Trondheim/Norwegen im Fachbereich Industrial Ecology promoviert. Anschließend forschte er dort zur Integration verschiedener Analysesysteme und Bewertungsmodelle. Seit 2015 ist er Juniorprofessor an der Fakultät für Umwelt und Natürliche Ressourcen der Universität Freiburg. Er leitet die Arbeitsgruppe für nachhaltiges Energie- und Stoffstrommanagement. Im Zentrum seiner Forschungsarbeit stehen die Berechnung von Emissions-einsparpotenzialen einzelner Strategien zur nachhaltigen Entwicklung, die Abschätzung ihrer Auswirkungen auf Mensch, Natur und Wirtschaft sowie die Analyse der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Strategien. Besonders interessiert er sich für Fragen der Energie- und Materialeffizienz in industriellen Prozessen, von allem in der emissionsreichen Metall- und Zementindustrie.

Foto: Naomi Radke

### Zum Weiterlesen

Haberl, H., Wiedenhofer, D., Pauliuk, S. et al. (2019): Contributions of sociometabolic research to sustainability science. In: Nature Sustainability 2, S. 173–184. DOI: 10.1038/s41893-019-0225-2

Bekel, K., Pauliuk, S. (2019): Prospective cost and environmental impact assessment of battery and fuel cell electric vehicles in Germany. In: The International Journal of Life Cycle Assessment, S. 1-18. DOI: 10.1007/s11367-019-01640-8

Pauliuk, S. (2018): Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. In: Resources Conservation and Recycling 129, S. 81-92. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.10.019

# Schnapp und klapp

Nachgebaute Fangwerkzeuge  
von Venusfliegenfallen übertreffen  
die Originale

*von Jürgen Schickinger*

*Pflanze mit mechanischem Gedächtnis: Der Fangapparat der Venusfliegenfalle ist eines der komplexesten natürlichen Systeme auf organischer Ebene. Foto: Jürgen Gocke*



Prof. Dr. Thomas Speck hat ein Faible für „übernatürliche Kräfte“. Seine Vorbilder sind aber keine Superhelden, sondern Pflanzen. Im Exzellenzcluster *livMatS* baut der Biophysiker komplexe pflanzliche Systeme mit intelligenten, lernfähigen Materialien nach: „Wir reizen aus, wie weit unsere technischen Möglichkeiten reichen.“ Doch dabei möchte Speck mit seinem Team und Kooperationspartnern biologische Mechanismen übertreffen. „Wir wollen über die Natur hinausgehen“, sagt er. Ein Projekt dreht sich um die fleischfressende Venusfliegenfalle: „Ihr Fangapparat ist eines der komplexesten natürlichen Systeme auf organischer Ebene, das ohne zentrale Steuereinheit wie ein Gehirn auskommt.“

#### Superheld des Pflanzenreichs

Der künstliche Fangapparat aus Folie, ein Prototyp der nachgebauten Venusfliegenfalle, erinnert an einen Origami-Vogel, der gleich abhebt. Auf Wunsch flattert er sogar mit seinen künstlichen Flügeln. So gleicht die Fliegenfalle eher einem Flugobjekt als einer Falle. „Wir wollen gar nicht, dass sie Fliegen fängt“, stellt der Biophysiker klar. Noch erhält das System des Forschers, das in Kürze energieautark funktionieren soll, seine Energie von außen. Die synthetische Falle vereint die Fähigkeiten von zwei Gewächsen und wäre im Pflanzenreich ein Superheld: Der Prototyp kann, anders als die echte Venusfliegenfalle, nicht nur schnappen, sondern auch klappen. „Bei ihr gibt es nur auf oder zu, aber nichts dazwischen“, sagt Speck. Eine Verwandte aus der Sonnentaufamilie, die Wasserfalle, kann ihre Fallen dagegen stufenlos auf- und zuklappen. „Wir haben beide

Mechanismen kombiniert“, erzählt der Biophysiker. „Damit decken wir ein größeres Spektrum potenzieller Anwendungen ab.“

### „Wir wollen über die Natur hinausgehen“

Die einige Zentimeter großen Fallen der Venusfliegenfalle werden von ihren Blättern gebildet. Deren Hälften schnappen innerhalb von circa 100 Millisekunden zu. „Das ist eine der schnellsten Bewegungen im Pflanzenreich“, so der Fachmann. Indem sie die Blatthälften regelrecht auseinanderstemmt, bringt die Pflanze ihre Fallen zunächst auf Vorspannung – ähnlich wie es beim Spannen einer Mausefalle geschieht. Dieser Kraftakt kostet Energie. Geht Beute in eine Falle, schließt sie sich, und Verdauungssäfte fließen hinein. „Die Venusfliegenfalle bildet einen äußeren Magen“, sagt Speck. Auch das kostet Energie.

#### Merkfähige Pflanze

Nur lohnende Happen, aber keine Regentropfen oder Staubkörner, dürfen die Fallen auslösen. „Darum müssen Beutetiere innerhalb weniger Sekunden mehrfach eine oder mehrere Sensorborsten auf dem Blatt auslenken“, erklärt Speck. Die Pflanze merke sich den Erstkontakt und warte auf weitere Kontakte: „Sie besitzt ein mechanisches Gedächtnis.“ Stimmt das Erregungsmuster, sinkt der Wasserinnendruck einiger Blatzellen. Die Vorspannung löst sich, die Falle schnappt zu. Doch zunächst schließen die Blatthälften nur



*Bei der Wasserfalle biegt sich das Rückgrat der Fallen so, dass die seitlichen Blattteile zuklappen, um Beute zu fangen. Das war die Grundlage für die Entwicklung einer bionischen Fassadenverschattung.*

*Fotos: Plant Biomechanics Group*

unvollständig. Am Rand bleiben schmale Lücken. Kleine Beutetiere, die den Verdauungsaufwand nicht wert sind, können entkommen. Gefangen bleiben nur dicke Brummer, so der Botaniker: „Mit chemischen Sensoren ‚schmeckt‘ die Venusfliegenfalle auch, ob eine Beute passend ist.“

#### **Auf Tauchgang**

Wasserfallen sind Wasserpflanzen – quasi Venusfliegenfallen auf Tauchgang. Statt Fliegen fangen sie Wasserflöhe. Die Fangwerkzeuge beider Arten sind ähnlich aufgebaut. „Allerdings biegt sich bei der Wasserfalle das Rückgrat der Fallen – die Mittelrippe, die beide Fallenhälften verbindet – so, dass die seitlichen Blattteile zuklappen“, erklärt Speck. Das funktioniert, indem

Der Wasserfallennachbau musste lernen, wie Venusfliegenfallen eine Vorspannung zu speichern. Das gelang mithilfe des Origami-Vogels, den Speck und sein Team aus einer Kunststoffolie falteten. Dieser Vogel verfügt über weitere Superkräfte: Statt nur durch Berührung wie in der Natur lässt sich die Kunstfalle auch magnetisch, durch Materialien mit Formgedächtnis, durch die Kombination von Feuchte und Wärme oder pneumatisch auslösen. „Für den letzten Fall haben wir auf dem Rückgrat drei Luftkissen angebracht – zwei außen und eines in der Mitte“, so Speck. Pumpt er Luft in die äußeren Luftkissen, biegt sich die Mittelrippe, und die Klappe schließt sich mit einer gleichmäßigen Bewegung wie die Wasserfalle. Füllt sich das zentrale Luftkissen, löst sich eine Vorspannung nach Art der Venusfliegenfalle. Doch anders als diese schnappt die technische Falle auf und nicht zu, betont Speck: „Weil wir über die Natur hinausgehen wollten, haben wir die Bewegung umgekehrt.“

### **„Bisher haben wir uns auf die Aktivierung konzentriert“**

die Pflanze den Innendruck in den Zellen des Blattes aktiv verändert, was das Durchbiegen der Mittelrippe zur Folge hat und zudem eine innere Vorspannung freisetzt. Die Venusfliegenfalle dagegen zeigt einen hydraulischen Mechanismus, um die Krümmung ihrer Fallenhälften zu verändern und somit schnell zuzuschnappen. Das Prinzip der Wasserfalle hat seine Arbeitsgruppe in Zusammenarbeit mit Architektinnen und Architekten sowie Ingenieurinnen und Ingenieuren der Universität Stuttgart schon für die Entwicklung einer bionischen Fassadenverschattung genutzt.

#### **Greifende Soft Robots**

Ganz ähnlich funktioniert die Falle mit Strom und Magneten. „Bei entsprechender Impulsfrequenz fängt der Prototyp an zu flattern“, so Speck. Der Origami-Vogel scheint zum Leben zu erwachen. Als Auslöser mit Formgedächtnis kommen etwa Federn infrage, die sich bei Wärme zusammenziehen. Dann macht es schnapp oder klapp. Kühlen sie ab, öffnen sich die künstlichen Fallen langsam wieder. Die Feuchte-Wärme-Kombination wurde von Dr. Falk Esser aus Specks Abteilung und Dr. Frank Scherag aus der Arbeitsgruppe von



Das Wasserrad trägt seinen Namen aufgrund der Blätter, die wie Speichen an einem Rad abstehen.

Prof. Dr. Jürgen Rühle vom Institut für Mikrosystemtechnik integriert. Hier ist die Falle bei Zimmertemperatur in aufgespanntem Zustand fixiert: Durch Austrocknen hat sich ein Hydrogel im Fallrückgrat aus Kunststoff zusammengezogen und Letzteres gebogen. Feuchtigkeit kehrt den Vorgang um, und die Falle lässt sich auslösen – sofern es warm genug ist. Wenn nicht, ist das Rückgrat nämlich zu steif. Nur eine Kombination aus Feuchte und Wärme kann das System aktivieren, erklärt Speck: „Dadurch wird die Falle feiner steuerbar.“

Aktuell ist geplant, mit der Forschungsgruppe von Prof. Dr. Stefan Glunz am Freiburger Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE kleine Solarzellen in das System einzubauen. Sie sollen die Magnete und Luftpumpen am Fallenmodell mit Strom versorgen. Zudem soll der Fallenvogel Sinne bekommen, denn noch fehlen ihm Rezeptoren. „Bisher haben wir uns auf die Aktivierung konzentriert“, berichtet Speck. Nun möchte er beispielsweise

Mechanorezeptoren anbringen, Tastfühler wie bei der natürlichen Venusfliegenfalle. Danach ist geplant, auch deren mechanisches Gedächtnis und ihre Kontrollmechanismen zu kopieren.

Eigentlich sollte die Falle als eines von drei Demonstrator-Vorhaben von *livMatS* nur das technisch Machbare zeigen. Doch Forschende aus dem Bereich der Robotik melden konkretes Interesse an: Schnapper und Klapper nach Fallenart drängen sich als „Hände“ für moderne Soft Robots, die aus weichen Materialien bestehen, geradezu auf. „Damit könnten sie sanft greifen und halten“, sagt Speck, der auch bei GrowBot mitarbeitet. In diesem fächer- und länderübergreifenden EU-Projekt entwickeln Teams komplette Roboter nach dem Vorbild von Pflanzen. Herausforderungen, die unüberwindlich erscheinen, schrecken Speck nicht – etwa die Vorstellung, dass die Kunstfalle irgendwann einmal sogar Fliegen fangen soll.



**Prof. Dr. Thomas Speck** hat Biologie an der Universität Freiburg studiert. 1996 wurde er dort in Botanik und Biophysik habilitiert. Nach verschiedenen Forschungs- und Lehrtätigkeiten, unter anderem als Gastprofessor an der Universität Wien/Österreich, kehrte er nach Freiburg zurück. Seit 2002 ist er Direktor des Botanischen Gartens der Albert-Ludwigs-Universität, seit 2006 Leiter der Abteilung „Botanik: Funktionelle Morphologie und Bionik“. Zu seinen Forschungsschwerpunkten zählen bioinspirierte Oberflächen und Materialien, Biomechanik, funktionelle Pflanzenmorphologie und die Evolution pflanzlicher Strukturen.

Foto: Jürgen Gocke

## Zum Weiterlesen

Esser, F., Scherag, F. D., Poppinga, S., Westermeier, A., Mylo, M. D., Kampowski, T., Bold, G., Rühle, J., Speck, T. (2019): Adaptive biomimetic actuator systems reacting to various stimuli by and combining two biological snap-trap mechanics. In: Martinez-Hernandez, U. et al. (Hrsg.): Biomimetic and Biohybrid Systems, Living Machines 2019. Basel, S. 114–121.

Westermeier, A., Sachse, R., Poppinga, S., Vögele, P., Adamec, L., Speck, T., Bischoff, M. (2018): How the carnivorous waterwheel plant (*Aldrovanda vesiculosa*) snaps. In: Proceedings of the Royal Society B, 285: 20180012. DOI: 10.1098/rspb.2018.0012

Poppinga, S., Bauer, U., Speck, T., Volkov, A.G. (2017): Motile traps. In: Ellison, A. M., Adamec, L. (Hrsg.): Carnivorous plants: physiology, ecology, and evolution. Oxford, S. 180–193.

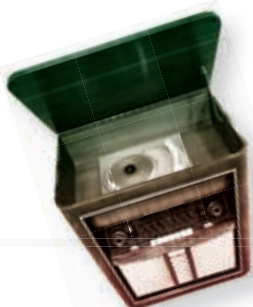


# Von Musiktruhe bis Bluetooth-Speaker

Die Bedeutung von Abspielgeräten im gesellschaftlichen Wandel

von Annette Kollefrath-Persch

Musiktruhe:  
1950er bis Mitte 1960er Jahre



Tonbandgerät: 1950er  
bis Anfang 1970er Jahre



Plattenspieler:  
1950er Jahre bis heute



Ob Schallplattenspieler, CD-Player, oder Smartphone: In wahrscheinlich jedem Haushalt in Deutschland befindet sich mindestens ein Gerät, um Musik abzuspielen. Oftmals sind technische Entwicklungen und Verbesserungen der Grund, dass sich Musikliebhaberinnen und -liebhaber ein neues Produkt kaufen. Aber dennoch dürfen auch in unserer Zeit zum Beispiel Schallplatten auf den klassischen Plattenspielern noch immer ihre Runden drehen. „Doch was muss passieren, damit ein Abspielgerät zu einem Objekt mit Kultstatus wird“, fragen sich zwei Wissenschaftler am ZPKM, dem Zentrum für Populäre Kultur und Musik der Universität Freiburg.

Oberkonservator Privatdozent Dr. Christofer Jost und sein Mitarbeiter Dr. Benjamin Burkhart arbeiten seit September 2018 in dem Projekt „Musikobjekte der populären Kultur“, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wird. Zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an der Hochschule für Musik FRANZ LISZT Weimar sowie am rock'n'popmuseum Gronau untersuchen sie zum Beispiel Grammophon, Musiktruhe und MC-Player – also „einen Querschnitt aller Musikwiedergabegeräte des 20. Jahrhunderts“, erklärt Jost. In den kommenden zwei Jahren werden die Forschenden Dossiers zu einzelnen Objekten anlegen, in denen dokumentiert ist, wann die Geräte erfunden, eingeführt und wieder vom Markt genommen wurden.

#### Industrie als kultureller Akteur

Für die Analyse nutzen die Wissenschaftler nicht nur Werbeunterlagen, Leserbriefe und Testberichte sondern interviewen auch Akteurinnen und Akteure in der Musikbranche sowie im Bereich der Unterhaltungselektronik und arbeiten

mit biographischen Erzählungen, Tagebüchern und Briefen mit Bezug zu diesem Thema. Zusätzlich liegen ihnen auch Protokolle aus Sitzungen von den jeweiligen Herstellern der Abspielgeräte vor. „Dadurch wollen wir die Designprozesse nachvollziehen, die der Produktion vorangingen“, sagt Burkhart. „So können wir erkennen, inwiefern bei der Entwicklung neuer Geräte gesellschaftliche Bedürfnislagen interpretiert wurden und eingeflossen sind.“ Denn schließlich, erklären die Freiburger Wissenschaftler, müsse die Industrie als kultureller Akteur wahrgenommen werden, der mit seinen Produkten seit Jahrzehnten das gesellschaftliche Leben mitgestalte. „Mit unserem Projekt wollen wir eine neue Facette in die kulturwissenschaftliche Musikforschung einbringen“, sagt Jost, „indem wir die Geräteproduktion und ihre Gestalter ernstnehmen.“ Gerade auch Fragen des Designs müsse nachgegangen werden, denn Menschen achten beim Kauf eines Gerätes darauf, ob es sich in ihre private Lebensumgebung einpasst.

### „Was muss passieren, damit ein Abspielgerät zum Kultobjekt wird“

Der Untersuchungszeitraum des Projekts erstreckt sich von 1945 bis zur Gegenwart. Der Fokus liegt auf den in Deutschland produzierten, verkauften und verwendeten Geräten. Bis in die 1980er Jahre waren deutsche Firmen in dieser Sparte weltweiter Marktführer. „Und tatsächlich waren die Produkte und Designs schon immer länderübergreifend“, erklärt Burkhart. „Es gibt bei DDR-Tonbandgeräten der 1950er Jahre kaum Unterschiede zum Beispiel zu Modellen aus Russland und Frankreich.“

Kassettenrecorder:  
1960er bis 1990er Jahre



Walkman:  
1980er bis Mitte 2000er Jahre



Die Musiktruhe war der Anfang: Eine Auswahl an Geräten zeigt, wie sich die Produkte zur Wiedergabe von Musik seit den 1950er Jahre bis heute gewandelt haben.

Eine klare Zuordnung, warum manche Produkte großen Zuspruch fanden, sei schwierig. Zum einen seien manche Geräte nur neu verpackte Ideen, sagt Burkhart, das müssten sie berücksichtigen: Der Walkman wurde unter anderem deshalb zu einem Kultobjekt, „weil er als neuartiges mobiles Abspielgerät vermarktet wurde. Aber eigentlich gab es bereits in den 1920er Jahren portable Grammophone, in den 1950er Jahren wurden tragbare Radios zu Verkaufsschlägern.“ Und nicht immer löse ein neues populäres Gerät ein früheres ab: Zwar habe das digitale Speicherformat MP3 das Ende der CD eingeläutet, nicht aber das der Schallplatte. Denn diese genießt unter Musikliebhabern weiterhin Kultstatus.

### Verteufelung von Technik

„Das ist nicht monokausal erklärbar“, sagt Jost. „Und in einigen Fällen erzielt das Produkt nicht den Erfolg, den sich die Konzerne von ihm versprechen.“ So wurde Anfang der 1990er Jahre die MiniDisc auf den Markt gebracht, die – so das Ziel der Herstellenden – die Audiokassetten als Speicher- und Wiedergabemedium ablösen sollte. Doch der durchschlagende Erfolg der MiniDisc bei den Konsumenten blieb aus. Und tatsächlich, erklärt Burkhart, sind selbst noch heutzutage in Haushalten mit Kindern die Audiokassette und ein klassischer Kassettenspieler oder Walkman präsent.

Im Laufe ihrer bisherigen Analysen von schriftlichen Quellen wurde den Wissenschaftlern deutlich, dass in Deutschland an einem Punkt große Unterschiede zu anderen Ländern herrschten, sobald ein neues Gerät auf den Markt gebracht werde: „Das Verteufeln neuer technischer Geräte ist in Deutschland seit Jahrzehnten immer wieder zu beobachten“, sagt Burkhart. Bereits die Jukeboxes in den 1950er Jahren wurden in zeitgenössischen Quellen kritisch beäugt, da diese den

Musikkonsum vermeintlich zu stark ökonomisierten und technisierten. Damals habe noch die Vorstellung der gesellschaftlichen Oberschicht gegolten, dass „musische Erfahrungen im direkten Kontakt etwa durch ein Orchester erlebt werden müssen“, erklärt Jost.

## „Das war eine völlig neue kulturelle Dynamik“

Aber vor allem in den 1980er Jahren wurden regelrechte Kampfschriften gegen den neu eingeführten Walkman veröffentlicht. Das Hauptargument der Kritiker, erläutert Burkhart, sei gewesen, dass die Verwendung der dafür notwendigen Kopfhörer und die Möglichkeit, auch draußen in Bewegung Musik zu hören, eine neue Form des Autismus fördern würde. „Es ist ja schon richtig, ein kritisches Bewusstsein zu den omnipräsenten Dingen des Alltags zu haben“, sagt Jost, „aber in Deutschland scheint es unmöglich, das Verhältnis von Kultur, Ästhetik und Technologie unvoreingenommen zu betrachten.“

### Das Aufkommen von Rock'n'Roll und Beat

In den späten 1950er und in den 1960er Jahren fand in der Musikwelt weltweit einer der stärksten Umbrüche statt: Über handliche Schallplattenspieler, Schallplatten aus Vinyl wurden neue Musikstile in die Lebenswelt der Teenager getragen. „In dieser Zeit“, sagt Jost, „gab es ein enges Zusammenspiel zwischen der Verbreitung neuer Technologien und Materialien auf der einen Seite und der Verbreitung von Musikstilen auf der anderen.“ Neben dem Kofferradio, das in den 1960er Jahren seine Hochzeit erlebte, hielten Schallplattenspieler Einzug in die Jugendzimmer. Durch ihr kompakteres Design und die Verarbeitung von Plastik waren die Geräte günstiger geworden. Und auch die Tonträger aus dem neuen Material Vinyl waren für die breite Masse

MP3-Player:  
2000er bis 2010er Jahre



Smartphone:  
Ende 2000er Jahre bis heute



Bluetooth-Speaker:  
2010er Jahre bis heute



erschwinglicher geworden. Nun konnten die Konsumentinnen und Konsumenten Musik hören, wann und wie oft sie wollten. „Das hat das kulturelle Empfinden stark verändert“, erklären die Freiburger Forscher. „Und Rock'n'Roll wie auch Beat, mit der E-Gitarre als Sinnbild, konnten dank des passenden Mediums, der Vinyl-Platte, so populär werden. Das war eine völlig neue kulturelle Dynamik. Dadurch ist eine Generation herangewachsen, für die auf Tonträger gebannte Musik eine große Bedeutung hatte.“

Auch heute noch genießen Schallplatten aus Vinyl Kultstatus. „Es gibt hier eine Auratisierung des Objekts“, beobachtet Jost. Private Sammlerinnen und Sammler besitzen oftmals Vinyl-Platten aufgrund des Objekts, nicht wegen des darauf vorhandenen Inhalts. Auch die Abspielgeräte der 1960er Jahre sind noch nicht völlig vom Markt verschwunden. Für einige Nutzerinnen und Nutzer sei die Klangqualität moderner Geräte nicht mit der eines Schallplattenspielers oder einer Musiktruhe vergleichbar, erklärt der Musik- und Medienwissenschaftler: „Gerade das Abweichen von heutigen Klangstandards macht die Objekte für viele interessant.“

### Individuelle Nutzung

Doch auch wenn in der heutigen Zeit die Geräte und Tonträger aus vorangegangenen Jahrzehnten, wie Schallplatten, Kassetten und CDs, weiterhin präsent sind, fand durch die Einführung des MP3-Formats und des Musikstreaming ein erneuter tiefgreifender Wandel statt. Die Freiburger Forscher beobachten, dass sich zurzeit ganz individuelle Nutzungen ausbilden. „Geschmacksschranken im Bereich Musik fallen“, sagt Jost. Fühlten sich früher Musikliebhaberinnen und -liebhaber eher einer Stilrichtung zugehörig, „gibt es nun die Tendenz, die Fühler in die unterschiedlichsten Musikgenres auszustrecken.“ Diese Entwicklung werden die Wissenschaftler für ihre Untersuchung berücksichtigen: „Wir müssen nun herausfinden, worin jetzt die neuen Abgrenzungen bei den Konsumentinnen und Konsumenten bestehen“.



**Dr. Benjamin Burkhart** studierte bis 2014 Musikwissenschaft an der Universität Würzburg und dem Institut für Musikwissenschaft Weimar-Jena. Dort wurde er 2019 mit einer Arbeit im Bereich der transdisziplinären Popmusikanalyse promoviert. Während der Promotion erhielt er ein Doktorandenstipendium der Ernst-Abbe-Stiftung. Seit 2018 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter im vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekt „Musikobjekte der populären Kultur“ am Zentrum für Populäre Kultur und Musik der Albert-Ludwigs-Universität.

Fotos: Thomas Kunz



**PD Dr. Christofer Jost** studierte bis 2002 Musik und Englisch für das Lehramt an Gymnasien an der Universität Mainz. Daran folgten Konzert- und Produzententätigkeiten, unter anderem in Australien, USA, China und Großbritannien. Nach seinem Referendariat wurde er 2008 an der Universität Mainz in Musikpädagogik promoviert. Er war wissenschaftlicher Mitarbeiter am Seminar für Medienwissenschaft der Universität Basel/Schweiz im Rahmen des Projekts „Bild-Text-Ton-Analysen am Beispiel der Gattung Videoclip“ sowie am Deutschen Volksliedarchiv in Freiburg. 2011 habilitierte er sich an der Universität Basel im Fach Medienwissenschaft mit dem Schwerpunkt Populärkultur und Medien. Nach einer Lehrstuhlvertretung an der Universität Mannheim und Tätigkeiten am Deutschen Volksliedarchiv ist er seit 2018 Oberkonservator am Zentrum für Populäre Kultur und Musik (ZPKM) und, nach seiner Umhabilitation, Privatdozent am Institut für Medienkulturwissenschaft.

Fotos: Zentrum für Populäre Kultur und Musik, Hihiman Wikimedia Commons, Deutsches Technikmuseum, cristi180884/Can Stock Photo, iconmag/Can Stock Photo, destina/Can Stock Photo, trekandshoot/Can Stock Photo

### Zum Weiterlesen

Burkhart, B. (2019): Genre im Diskurs: Integrative Musikanalyse zu Reggae und Dancehall. Münster.

Jost, C. (2012): Musik, Medien und Verkörperung: Transdisziplinäre Analyse populärer Musik. Baden-Baden.



# Bis in den letzten Winkel

Multisensorsysteme erfassen den  
Zustand von Bauwerken und Wäldern

*von Patrick Siegert*



*Forschende vermessen mit einem Laserscanner aus der Luft Strukturen und große Objekte so schnell und genau, dass sie Veränderungen im zeitlichen Verlauf beobachten können. Foto: STRABAG SE*

Das kalifornische Unternehmen Google sammelt täglich eine riesige Menge an Daten, die es für seine Suchmaschinen, Webbrowser sowie Dienste wie Maps und Streetview benötigt. Solche Karten stellen allerdings nur Momentaufnahmen davon dar, wie Straßen und Landschaften aussehen. Der Freiburger Wissenschaftler Prof. Dr. Alexander Reiterer vom Institut für Nachhaltige Technische Systeme und vom Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM) geht einen Schritt weiter: Er erfasst und vermisst Strukturen und große Objekte so schnell und genau, dass er ihre Veränderungen im zeitlichen Verlauf beobachten kann.

Um Infrastrukturen wie Straßen, Brücken und Tunnel zu dokumentieren, verwendet Reiterer vor allem laser- und bildbasierte Sensoren. Das Erfassungssystem besteht im Normalfall aus einem Laserscanner und Kameras. Ein zusätzliches Georadar kann helfen, unter den Asphalt zu schauen. Zur Verortung nutzt der Forscher GPS und ein Neigungssystem. Temperatur- und Luftdrucksensoren sammeln Daten über die Umwelt. Zusammen bilden die unterschiedlichen Instrumente ein Multisensorsystem.

#### **Am Boden und in der Luft**

Während eines Forschungsaufenthalts an der Universität von Calgary/Kanada hat Reiterer eines der weltweit ersten Fahrzeuge mit Kameras zur Erfassung der Umwelt entwickelt und in den folgenden Jahren stetig überarbeitet: Es fährt Straßenzüge mehrfach ab, um Veränderungen an deren Oberfläche zu erkennen. An der Rückseite des Fahrzeugs ist ein Laserscanner angebracht, der die Bahn quer zur Fahrtrichtung abtastet. Durch die Vorwärtsbewegung erhalten Reiterer und sein Team streifenweise Informationen von der Oberfläche. Auf dem Fahrzeugdach ist ein

Positionierungs- und Orientierungssystem installiert, das den Standort ermittelt. Für die Erfassung der Umgebung verwendet der Freiburger Forscher nicht nur einen nach unten gerichteten Scanner, sondern auch einen weiteren Scanner, der an vier Kameras gekoppelt ist und die Umgebung im 360-Grad-Winkel dokumentiert. Alle Sensordaten werden zusammengefasst und verortet und bilden damit eine perfekte Basis für die Rekonstruktion der Umgebung.

### **„Viele Baustellen gleichen einem großen Ameisenhaufen“**

Reiterers Sensorsystem ist auch in der Luft unterwegs: Der Wissenschaftler lässt Drohnen über langgezogene Objekte wie Verkehrsbauwerke fliegen und visualisiert die erfassten Veränderungen dann für die Bauleitung. „Viele Baustellen gleichen einem großen Ameisenhaufen. Die Bauenden wissen meist nicht, wie weit asphaltiert oder betoniert wurde. Unsere Sensoren erfassen das Ganze und bereiten es ihm dreidimensional auf“, erläutert der Forscher. Das Fluggerät hat nur etwa einen Meter Durchmesser und muss doch die gleiche Sensorik wie ein Straßenfahrzeug tragen. Die Technik so klein und leicht zu bauen, dass sie in eine 2,5 Kilogramm schwere Box passt, sei eine wahre Kunst, so Reiterer.

#### **Prävention als oberstes Ziel**

Weil sie Veränderungen an Strukturen beobachten, kann Reiterers Team auch früh genug Alarm schlagen, wenn eine Katastrophe drohen könnte. Laut Reiterer befindet sich die Infrastruktur in Deutschland in keinem guten Zustand: „Ob Straßen, Brücken oder Tunnel – das ist mittlerweile alles ziemlich marode. Uns geht es darum,

für die Sicherheit der Menschen zu sorgen.“ Mit dem so genannten Structural Health Monitoring kann die „Gesundheit“ von Bauwerken ermittelt werden: Aus den gewonnenen Daten können die Verantwortlichen den Zustand eines Gebäudes ableiten und vorhersagen, wie lange es ohne Instandhaltung funktionsfähig bleibt.

## „Uns geht es darum, für die Sicherheit der Menschen zu sorgen“

Die Freiburger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erfassen auch den Gesundheitszustand von natürlichen Objekten, etwa Wäldern. Mittels Multispektralaufnahmen tasten sie die Vegetation auf unterschiedliche Frequenzen ab. Dabei wird der Wassergehalt in den Pflanzen geschätzt: Einige Wellenlängen des Lichts werden stärker vom Wasser absorbiert als andere. Anhand der Differenz lässt sich erkennen, wie viel Wasser in den Blättern eines Baumes gespeichert ist. „Bisher musste man jeden einzelnen Baum mühsam untersuchen, was nur vom Boden aus und mit beträchtlichem Aufwand möglich ist. Unsere Technologie macht den gesamten Prozess schneller und effizienter“, betont Reiterer. Sein Team baut die Hardware und bringt sie auf mobilen Plattformen an. Die erhobenen Daten werden von speziell entwickelten Softwaresystemen automatisch in bestimmte Klassen eingeteilt: Zum Beispiel stellt die Software fest, ob und wo sich auf der Straße eine Schadstelle, etwa ein Riss, befindet. Der gesamte Prozess läuft dank maschinellem Lernen, einem Teilgebiet der Künstlichen Intelligenz, vollständig automatisiert ab: Expertinnen

und Experten erklären dem System mit vorklassifizierten Daten, was ein Riss ist und was nicht. Anschließend klassifiziert die Software neue Daten selbstständig.

### Auf hoher See

Fernab von Straßen und Bahngleisen entstehen in Nord- und Ostsee etliche Windparks. Die am Meeresboden verankerten Windräder können durch Wasserwirbel unterspült werden. In der Folge senkt sich das Fundament, und die gesamte Struktur der Windräder kippt um, was nicht nur eine Gefahr für Menschen darstellt, sondern auch hohe Kosten verursacht. In der Ostsee ist das bereits mehrere Male geschehen. Die meisten Windanlagen werden laut Reiterer nur unzureichend überwacht: „In unregelmäßigen Abständen begutachtet ein Taucher diese Strukturen. Eine angemessene messtechnische Dokumentation gibt es meist nicht.“ Deshalb entwickeln er und sein Team einen Unterwasser-Laserscanner, mit dem Roboter einen Windpark automatisch abfahren und erfassen können. Die Daten sollen dabei helfen, die Zuverlässigkeit solcher Objekte weiter zu erhöhen.

Mit Messsystemen unter Wasser zu gehen ist jedoch eine Herausforderung: In Küstengebieten ist das Wasser trüber und dadurch die Sicht schlechter, weshalb andere Lichtquellen benötigt werden als in der Atmosphäre. Da GPS, das satellitengestützte globale Positionsbestimmungssystem, unter Wasser nicht funktioniert, müssen die Forschenden zudem ein anderes System zur Orientierung verwenden. Reiterer hat mit Partnern aus den Niederlanden und Belgien ein Eurostars-Projekt eingeworben, in dessen Rahmen er ab

*Alle Sensordaten werden zusammengefasst und verortet und bilden damit eine perfekte Basis für die Rekonstruktion der Umgebung.*

*Foto: Fraunhofer IPM*





An der Rückseite eines Messfahrzeugs ist ein Laserscanner angebracht, der die Bahn quer zur Fahrtrichtung abtastet. Durch die Vorwärtsbewegung erhalten die Forschenden streifenweise Informationen von der Oberfläche. Foto: Fraunhofer IPM

Dezember 2019 verschiedene Strukturen unter Wasser messtechnisch erfassen wird. Eurostars ist ein Förderprogramm für kleine und mittlere Unternehmen, die innerhalb der europäischen Forschungsinitiative EUREKA mit Partnern aus anderen Mitgliedsländern Projekte durchführen. Die Förderung setzt sich aus nationalen Mitteln und einem Beitrag der Europäischen Kommission zusammen. In dem Projekt versuchen die Forschenden, mit ihrem System zum ersten Mal Messungen auf hoher See vorzunehmen – bisher gelang das nur im Laborbecken.



**Prof. Dr. Alexander Reiterer** ist seit 2017 Inhaber der Professur für Monitoring von Großstrukturen am Institut für Nachhaltige Technische Systeme. Er studierte Geodäsie und Geophysik an der Technischen Universität Wien/Österreich. Nach seiner Promotion im Jahr 2004 an der Technischen Universität Wien forschte er von 2005 bis 2008 an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich/Schweiz und der Universität von Calgary/Kanada. 2013 habilitierte er sich an der Technischen Universität München in Angewandter Geodäsie. Seit 2016 leitet er die Abteilung Objekt- und Formerfassung am Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM).

Foto: Fraunhofer IPM

### Zum Weiterlesen

Reiterer, A., Störk, D., Wäschle, K., Leydecker, A., Leidinger, M. (2019): Automatisierte Interpretation von 3D-Daten – Stand der Technik und zukünftige Entwicklungen. In: Schäfer, F. (Hrsg.): Straßenbau in der Praxis. Tagungshandbuch. Ostfildern, S. 453–456.

Reiterer, A., Leidinger, M. (2018): Laserscanner zur Lichtraummessung: Präzise messen, effizient auswerten. In: EI – Der Eisenbahningenieur, 5, S. 44–47.

[www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/vernetzen-und-gestalten/transfer-im-fokus](http://www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/vernetzen-und-gestalten/transfer-im-fokus)

[www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/forschen-und-entdecken/die-vermessung-der-welt](http://www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/forschen-und-entdecken/die-vermessung-der-welt)



*Erweiterter Blick auf den berühmten Denker:  
Eine Romanistin interpretiert die politischen  
Texte von Niccolò Machiavelli neu.*

*Foto: mustafavarlik/stock.adobe.com*

# Zur Muße verdammt

Der Weg fernab von Politik zur berühmtesten Strategie Machiavellis

von Jürgen Reuß

Niemand wird so schnell auf die Idee kommen, Machiavelli und Muße in einem Atemzug zu nennen. Dabei hat sich womöglich ausgerechnet die Muße, auch wenn sie nicht ganz freiwillig war, im Nachhinein als erfolgreichste machiavellische und vielleicht sogar machiavellistische Strategie erwiesen. Diese überraschende Erkenntnis hat die Romanistin Prof. Dr. Judith Frömmer in Zusammenarbeit mit dem Historiker Dr. Andrea Guidi im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 1015 „Muße. Grenzen, Raumzeitlichkeit, Praktiken“ durch ihre Lektüre der Briefe Machiavellis gewonnen.

„Im Nachhinein war es der Rückzug, der ihm Welt-  
ruhm eingetragen hat“

Machiavellismus wird meistens so verstanden, dass unabhängig von Recht und Moral jedes Mittel eingesetzt wird, um an die Macht zu gelangen oder sie zu erhalten. In ihrem Projekt „Machiavellische und machiavellistische Muße: Strategien des Rückzugs in Niccolò Machiavellis Briefen im Zeitraum von 1512 bis 1527“ bewertet Frömmer die Texte Machiavellis, dessen weltberühmte Schriften „Il Principe“ (Der Fürst) und „Discorsi sopra la prima deca di Tito Livio“ (Abhandlungen über die ersten zehn Bücher des Titus Livius) eher als Handbücher für aufstrebende Herrscher gehandelt werden, die ungeduldig an den Pforten der Macht rütteln, neu. „Dieses Verständnis von Machiavellismus sitzt oft einer verkürzten Fehllektüre auf“, erklärt die Freiburger Romanistin. „Diese Texte sind alle entstanden, als Machiavelli zur Muße verdammt war. Er war nicht mehr politisch aktiv, weil er seinen Posten verloren hatte. Als er also gezwungen war, sich auf sein Landgut zurückzuziehen. Uns mag das als schöne Situation erscheinen, für ihn war es eine nackte ökonomische Notwendigkeit, aber auch eine politische, weil er zunächst gar nicht mehr in sein Arbeitsumfeld in Florenz zurückdurfte und sich

dort auch keinen Wohnsitz mehr leisten konnte. In dieser Zeit sind die Texte entstanden, die man bis heute liest.“

## Politische Reflexionen dank Muße

Man kann sich der Plausibilität dieser Sichtweise kaum verschließen. Welche Politikerin oder welcher Politiker hatte je während ihrer beziehungsweise seiner aktiven Zeit die Gelegenheit, sich grundsätzlich mit dem Verständnis von Politik auseinanderzusetzen? Welcher Staatsmann hat in Amt und Würden wichtige Beiträge zur Politiktheorie verfasst? Gleiches gilt für Machiavelli. Ohne den erzwungenen Rückzug auf seine Landgüter hätte er kaum die Zeit gefunden, seine Gedanken zur Politik aufzuschreiben. Und um zu sehen, dass er mit seinen aus der – wie auch immer motivierten – Muße heraus entstandenen Werken erfolgreicher war als mit seinen Aktivitäten als Diplomat, kann man eine beliebige politische Ideengeschichte aufschlagen. In einem Punkt sind sich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einig: Das politische Denken der Neuzeit beginnt mit dem „Principe“ und den „Discorsi“.

„Ich glaube, dass sich politische Reflexionen in solche Mußekontexte einbetten“, sagt Frömmer. „Schon Platon ging davon aus, dass das philosophische Denken eine Situation der Muße braucht. Auch Cicero hat sein Leben sehr stark über das Verhältnis von otium und negotium definiert.“ Im antiken Rom war otium die Zeit, in der man nicht berufstätig war, sich von offiziellen Tätigkeiten auf das Landgut zurückzog, wo man sich dann philosophisch oder literarisch betätigte und mit Dingen beschäftigte, die einem wichtig waren im Leben. Negotium hingegen war alles, was otium nicht war, das Engagement für das Allgemeinwohl, aber eben auch das eher lästige Alltagsgeschäft. Allerdings darf man sich von der verneinenden Vorsilbe „ne“ nicht täuschen lassen. „Auch Cicero hielt das otium nicht so ohne Weiteres aus, wollte gern als Anwalt tätig sein, sich für das Staatswesen einsetzen“,



*Schreiben als ökonomische Notwendigkeit: Nachdem sich Machiavelli aus der Politik zurückziehen musste, konnte er sich in Florenz keinen Wohnsitz mehr leisten. Foto: Florence-old-map/Wikimedia Commons*

erklärt Frömmer. „Ins otium begab man sich im Grunde nur, wenn man in Gefahr war, wenn man zum Rückzug gezwungen wurde, um sich neu zu sammeln und aufzustellen. Bei Machiavelli war es ähnlich.“

#### **Waldspaziergang, Wirtshaus, Studierzimmer**

Es ist eine gängige Meinung, dass Machiavelli sich in diesem erzwungenen otium gar nicht wohlfühlte. Frömmer sieht das differenzierter und veranschaulicht ihre These an ihrer Interpretation des wohl bekanntesten Briefs von Machiavelli, den er am 10. Dezember 1513, kurz nachdem er seiner Ämter enthoben worden war, an seinen Freund Francesco Vettori schrieb. Vettori war als Botschafter an der römischen Kurie tätig, und Machiavelli erhoffte sich von ihm Hilfe, um in seine politischen Ämter zurückkehren zu können. In diesem berühmten Brief sind detailliert sein Tagesablauf und damit auch die verschiedenen Praktiken der Muße beschrieben: Machiavelli steht bei Sonnenaufgang auf, dann folgt ein Waldspaziergang, bei dem er über Literatur und Philosophie nachsinnt. Danach schlägt er sich mit Waldarbeitern und Holzhändlern herum, befindet sich damit im negotium. Zur Entspannung geht er ins Dorfgasthaus, um sich mit den verschiedensten Leuten auszutauschen. Nachdem er im Familienkreis ein bescheidenes Mahl eingenommen hat, geht es zurück ins Wirtshaus, wo er sich mit Trinken und Glücksspiel zerstreut. Das endet nicht selten mit Beleidigungen und Handgreiflichkeiten. Am Abend zieht sich Machiavelli schließlich in sein Studierzimmer zurück, um dort in einen imaginären Dialog mit den Geistesgrößen der Antike zu treten.

„Nicht ohne Ironie stilisiert Machiavelli diesen letzten Teil der Muße zur wahren Speise, die ihn wirklich nährt. Die prosaischen Formen der Muße überliert die Machiavelli-Forschung daher gern, unterstellt ihm, dass er mit seiner humanistischen Bildung so ein otium sicher verachtet hätte. Ich sehe das nicht so“, widerspricht die Freiburger Romanistin. „Die populäreren Formen der Muße hatten durchaus ihre Berechtigung. Genau für dieses Übersehene hat der Projektbereich „Praktiken“ im SFB „Muße“ meinen Blick geschärft. Man darf die ganz unterschiedlichen Praktiken, die da in Interaktion treten, nicht gegeneinander ausspielen. Gerade die Ausgewogenheit zwischen diesen verschiedenen Mußeformen ist prägend für den Lebensstil der von Machiavelli vermutlich bevorzugten republikanischen Staatsform.“

**„Ich nehme ihm auch die Selbststilisierung nicht ab“**

Frömmer würde nicht so weit gehen zu sagen, dass republikanische Ideen im Wirtshaus entstehen. Sie glaubt aber schon, dass eine republikanische Ordnung, die nur im Studierzimmer entworfen wird, sich nicht durchsetzt. Es war auch nicht so, dass Machiavelli vor seiner erzwungenen Muße-situation nur im Studierzimmer gesessen hätte, doch es ist bezeichnend, dass er nach seiner Verbannung gezwungen war, regelmäßig Holz zu verschachern und sein soziales Leben ins Wirtshaus des Dorfes zu verlagern. Diese Umstände muss die Forschung berücksichtigen, denn sie waren es vermutlich, die Machiavelli prägten, als er sein Hauptwerk verfasste, erklärt Frömmer. Zumindest stellte er es in seinen Briefen so dar.

Sein Werk *Il Principe* schrieb Machiavelli, um seine Chancen zum beruflichen Wiedereinstieg zu verbessern.

Foto: Machiavelli\_Principe\_Cover\_Page/Wikimedia Commons



Trotzdem hatte Machiavelli immer den Plan, möglichst schnell wieder in Amt und Würden zu kommen. Auch „*Il Principe*“ widmete er in strategischer Absicht den herrschenden Medici, um seine Chancen auf den beruflichen Wiedereinstieg zu verbessern. Frömmer geht auch der Frage nach, ob überhaupt von Muße gesprochen werden kann, wenn man ständig versucht, die Mußesituation zu beenden. „Oberflächlich zeigen schon

die Briefe von vor 1512, also als Machiavelli noch als Sekretär und Diplomat tätig war, eher Ungeduld, wenn er zum Beispiel mal warten musste und Zeit verlor. Folgt man dem Wortlaut, war er nicht so der müßige Typ“, räumt sie ein. Aber Muße hat eben auch eine produktive Seite. Natürlich wollte Machiavelli nach seiner Entlassung und dem erzwungenen Landleben in San Casciano zurück nach Florenz in den politischen Dienst und wieder als Berater tätig werden. „Aber um das umzusetzen oder auch andere politische Ziele zu erreichen, erarbeitete er gerade in der Muße neue Interaktionsstrategien und Taktiken der Einflussnahme, sodass seine otium-Situation sehr produktiv war. Fakt ist, dass Machiavelli mit seinen literarischen Produktionen aus heutiger Sicht erfolgreicher war denn als Politiker oder Diplomat. Leserzahlen und Nachruhm bestätigen das.“

Für Frömmer ist Muße daher nicht ausschließlich das Loslassen von Absichten und Zweckdenken: „Da müsste man das, was menschliches Handeln ausmacht, doch sehr zurückstutzen. Ich kann nicht mit Sicherheit sagen, dass Machiavelli mit seinem otium genau auf das und das hinauswollte. Ich nehme ihm auch die Selbststilisierung nicht ab. Genauso wenig kann ich mir vorstellen, dass er nur aus strategischen Gründen in die Dorfkneipe gegangen ist. Aber die Mußesituation hat eine Verlangsamung bewirkt und eine Verlagerung ins Strategische ermöglicht. Im Nachhinein war es der Rückzug, der ihm Weltruhm eingetragen hat.“



**Prof. Dr. Judith Frömmer** studierte Romanistik, Germanistik und Philosophie in München, Toulouse/Frankreich, Perugia/Italien, Hamburg und Oxford/England. 2005 wurde sie an der Universität München promoviert. Daran anschließend forschte und lehrte sie unter anderem am Institut für Romanische Philologie der Universität München, an der University of California in Berkeley/USA, am Internationalen Forschungszentrum Kulturwissenschaften in Wien/Österreich und an der Universität Erfurt. Seit 2017 ist sie Professorin für Romanische Literaturwissenschaft an der Albert-Ludwigs-Universität. Sie forscht als Teilprojektleiterin im Sonderforschungsbereich 1015 „Muße. Grenzen, Raumzeitlichkeit, Praktiken“. Ihre Schwerpunkte sind die Literatur der frühen Neuzeit und der frühen Moderne, der Realismus und Neorealismus des 19. und 20. Jahrhunderts sowie die (Denk-) Figuren der Renaissance.

Fotos: Friedrich Schmidt

## Zum Weiterlesen

Guidi, A. (2020 – im Erscheinen): Introduzione. In: Guidi, A. (Hrsg.): Niccolò Machiavelli. Dai 'castellucci' di San Casciano alla comunicazione politica. Manziana.

Guidi, A., Simonetta, M. (2019): I ‚negozi‘ di Niccolò nell‘ozio‘ di Sant’Andrea: Machiavelli e Paolo Vettori (con l’edizione di uno sconosciuto frammento autografo machiavelliano). In: *Interpres* 37, S. 242-266.

Frömmer, J. (2018): *Armare Il Principe: Per un umanesimo militante*. Vicenza.



# Nähe zum organisierten Verbrechen

Gesellschaftliche und wirtschaftliche  
Aspekte rund um den Sandhandel

von Jürgen Schickinger

*Sand ist nach Wasser die am zweithäufigsten  
bewegte Ressource weltweit. Foto: Robert John*





Auf seine Anregung hin hat Prof. Dr. Annika Mattissek vom Lehrstuhl für Wirtschaftsgeographie und Nachhaltige Entwicklung das Thema aufgegriffen: „Ich finde es erstaunlich, dass eine wichtige Ressource wie Sand so wenig untersucht ist.“

### In der Wüste fehlt Bausand

„Sand ist nach Wasser die am zweithäufigsten bewegte Ressource weltweit“, sagt John und relativiert das eingangs zitierte Statement der UNEP: „Bei Sand gibt es keine allgemeine, sondern nur regionale Knappheit.“ Deutschland beispielsweise besitze genug Sand und exportiere sogar welchen. Damit schütten Bauunternehmen hauptsächlich Landflächen auf oder stellen Beton und Asphalt her. Diese Materialien enthalten bis zu 80 Prozent Sand, aber nicht jede Sandkörnung ist dafür geeignet. Wegen seiner runden, feinen Körner ist etwa Wüstensand unbrauchbar, weshalb im sandreichen Dubai Bausand fehlt. Den 828-Meter-Turm Burj Khalifa hat das Emirat mit australischem Sand gebaut. Um die künstliche Halbinsel „The Palm“ aufschütten zu können, musste es weitere 150 Millionen Tonnen Sand importieren. Kostenpunkt: 12 Milliarden Dollar.

Sand knapper, als man denkt“, warnt UNEP, das Umweltprogramm der Vereinten Nationen. Es fordert, den Sandhandel schärfer zu reglementieren, weil er der Umwelt schade und Kriminalität begünstige: „Die Sand-Mafia blüht.“ Größtenteils fließe abgebauter Sand in den Bausektor, sagt Robert John vom Institut für Umweltsozialwissenschaften und Geographie der Universität Freiburg: „Sand bildet das physische Fundament moderner Städte.“ Laut UNEP wird auf dem globalen Markt jährlich mit 40 bis 50 Milliarden Tonnen Sand gehandelt – teils aus illegaler Förderung: Mehrfach verschwanden komplette Strände über Nacht. Die größte Nachfrage herrscht dort, wo die Urbanisierung schnell voranschreitet. Darum ist das Geschäft mit dem Sand in Schwellenländern wirtschaftlich, sozial, politisch und ökologisch besonders bedeutend. Die Aspekte der Einbindung von Sand in Wirtschaftskreisläufe erforscht John für seine Doktorarbeit am Beispiel Kambodscha.

### „Die Sand-Mafia blüht“

Kambodscha ist eines der größten Sandförderländer Südasiens. Früher lieferte es riesige Mengen an Singapur, das seine Fläche innerhalb von 30 Jahren durch Aufschüttungen um 130 Quadratkilometer vergrößerte. Weitere 100 Quadratkilometer sollen bis zum Jahr 2030 dazukommen. Mit jährlich fast sechs Tonnen pro Kopf verbraucht Singapur auf der Welt den meisten Sand. Doch der kambodschanische Sand gelangt mittlerweile vorwiegend in den wachsenden heimischen Immobilienmarkt. „Seit 2012 investiert China massiv in Kambodscha“, so John. Die Küstenstadt Sihanoukville entwickelte sich zu einer Art „chinesischem Mallorca“: Hier schießen Casinos, Hotels und Bars in die Höhe. „Firmen füllen im Süden der Hauptstadt Phnom Penh 25 Quadratkilometer eines Sees so hoch



mit Sand auf, dass die Fläche sechs Meter über den Wasserspiegel hinausragt“, nennt John noch ein Beispiel.

### **Erschwerte Recherchen**

Der Abbau von Sand schadet der Umwelt. Er zerstört Flächen und Lebensräume an Land oder in Gewässern. Bei Letzteren beschleunigt sich die Erosion der Ufer und Küsten. Meeresstrände fungieren auch als Puffer gegen Sturmfluten. Wenn Strände verschwinden, wie jeweils über Nacht der 400 Meter lange Coral Spring Beach auf Jamaika und der Monica-Strand in Marokko, trägt das Meer die Küste schneller ab. Das Grundwasser kann versalzen, sein Spiegel sinken. Viele Schäden sind möglich, abhängig von Ausmaß, Form und Ort des Abbaus. „Über den Umgang damit entscheidet dagegen der politische Kontext“, sagt Mattisek. „Bei unserer Forschung stehen gesellschaftliche Konflikte im Vordergrund.“ In Kambodscha durchdringt das Sandgeschäft die Gesellschaft: Die Politik legt die gesetzlichen Regeln fest und vergeben Lizenzen. Am Bausektor, somit auch an der ständigen Verfügbarkeit von Sand, hängen viele Unternehmen und Jobs. Er trägt einen erheblichen Teil zum kambodschanischen Wirtschaftswachstum bei. Mattisek kennt sich gut aus mit den ökologischen Veränderungen und gesellschaftlichen Dynamiken Südostasiens. Ihre Arbeitsgruppe ist dort schon lange aktiv.

## **„Gemeinsam zu arbeiten baut Vertrauen auf“**

Johns Projekt „Die Vermarktlichung von Sanden in Kambodscha“, das die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert, soll auch internationale Verflechtungen beleuchten. Da sind Kapitalströme aus China interessant oder Verbindungen nach Singapur. Kein kambodschanisches Sandkorn sollte heute noch in diese Länder gelangen: 2018 verhängte Kambodscha einen endgültigen Exportstopp. Ob die Sand-Mafia ihn unterläuft, kann John nicht

sicher sagen: „Singapurs Importstatistik führt zumindest keine Sandlieferungen aus Kambodscha mehr auf.“ Offiziell holt sich der Stadtstaat das Gut nun aus Myanmar und dem südlichsten Bundesstaat Malaysias. Doch die Nähe zwischen Sandhandel und organisiertem Verbrechen erschwerte Johns Recherchen. In Ministerien blieben seine Anfragen teils unbearbeitet liegen. Die dort Arbeitenden verweigerten direkte Gespräche. Unternehmensleitungen gaben keine Zahlen heraus.

### **Ungefilterte Eindrücke**

„Anders als in anderen Ländern der Region gibt es in Kambodscha aber Nichtregierungsorganisationen und Aktivistengruppen, die besonders Sandexporte bekämpfen“, sagt John, der sich gut ein Jahr in dem Land aufhielt. Über befreundete Aktivistinnen und Aktivisten und andere Umwege kam er an alle wichtigen Daten. Der Doktorand lernte über private Beziehungen Beamtinnen und Beamte kennen, die das Sandgeschäft kritisch sehen und Informationen mit ihm teilten. Er fand Zugang zu Unternehmen, arbeitete selbst beim Abbau und bei der Verladung von Sand mit: „Gemeinsam zu arbeiten baut Vertrauen auf.“ Abends konnte John ungezwungen mit seinen „Kollegen“ plaudern. Sie sprachen beispielsweise über Löhne und Transportkosten – Zahlen, die er sonst nie bekommen hätte. Außerdem verschaffte sich John so ungefilterte Eindrücke vom Alltag im kambodschanischen Sandgewerbe.

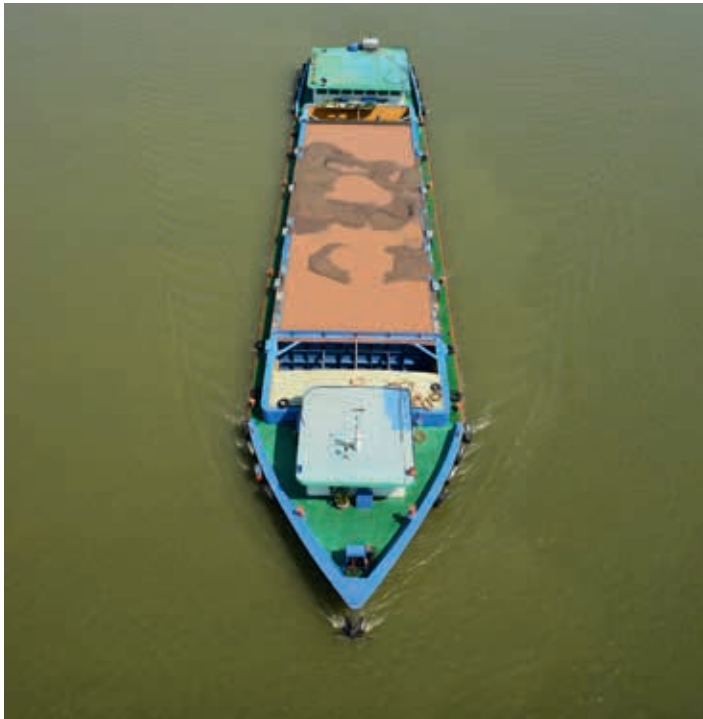
Mit einer breiten Palette an Methoden trug er eine Fülle von Daten zusammen: Er zeichnete Gespräche aus Feldaufenthalten und Interviews mit Personen auf, die dem Sandgeschäft positiv, neutral oder negativ gegenüberstehen. Mehr als 110 Stunden Material kamen so zusammen. Er sammelte viele, teils vertrauliche Gesetzestexte, über 100 Artikel aus örtlichen Zeitungen, Dokumente aus Archiven und Satellitenaufnahmen. Aktuell sitzt er an der Auswertung. So viel kann er schon sagen: Von den Vorurteilen, die einige Beteiligte in Kambodscha haben, treffen viele nicht zu: „Es gibt Beamte, die etwas ändern wollen, und Aktivisten,

Um die künstliche Halbinsel „The Palm“ aufzuschütten zu können, musste Dubai 150 Millionen Tonnen Sand für 12 Milliarden Dollar importieren.

Foto: Markus Mainka/stock.adobe.com

die keine Störenfriede sind.“ Zum Abschluss des Projekts wird John in Kambodscha einen Workshop organisieren: „Wir wollen unsere Erkenntnisse allen zentral Beteiligten vorstellen.“

Projektleiterin Mattissek betont: „Es geht uns darum, die Problematik aufzuzeigen, die mit der Vermarktlichung von Sand verbunden ist.“ Johns Workshop, hofft sie, wird einen Dialog zwischen Politikerinnen und Politikern, Beamten sowie Aktivistinnen anregen: „Auf einer übergreifenden Ebene geht es dabei auch um die Frage, ob Wirtschaftswachstum automatisch immer gut ist, wer davon am meisten profitiert und welche negativen sozialen und ökologischen Effekte das zunehmende Wachstum von Städten hat.“



**Prof. Dr. Annika Mattissek** hat Geographie, Mathematik und Volkswirtschaftslehre an der Universität Heidelberg studiert und dort über „Die neoliberale Stadt“ promoviert. 2009 arbeitete sie als Dozentin in Thailand. Nach einer Vertretungsprofessur und Professur in Dresden übernahm sie 2015 die Professur für Wirtschaftsgeographie und Nachhaltige Entwicklung am Institut für Geographie der Universität Freiburg. Zu ihren Forschungsschwerpunkten zählen die politische Geographie und Fragen der humangeographischen Gesellschaft-Umwelt-Forschung.



**Robert John** studierte Philosophie und Wirtschaft an der Universität Bayreuth. Nach Forschungsaufenthalten in Kenia und China machte er seinen Master in Environmental Governance an der Universität Freiburg. Es folgten Teilnahmen an internationalen Forschungsprojekten und weitere Auslandsaufenthalte. John ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dozent am Institut für Geographie der Universität Freiburg und arbeitet zurzeit an seiner Promotion über „Die Vermarktlichung von Sanden in Kambodscha“.

Fotos: Klaus Polkowski

*Deutschland exportiert, Dubai hingegen importiert: Bei Sand gibt es keine allgemeine, sondern nur regionale Knappheit. Wegen seiner runden, feinen Körner ist etwa Wüstensand als Material unbrauchbar, weshalb im eigentlich sandreichen Dubai Bausand fehlt.*

Foto: Robert John

## Zum Weiterlesen

John, R. (2019): Mineralische Ressourcen: Sande – das selten beachtete Fundament der physischen Wirtschaft. In: Gebhardt, H., Glaser, R., Radtke, U., Reuber, P. (Hrsg): Geographie: Physische Geographie und Humangeographie. Heidelberg, S. 1201 – 1211.

Zwischen Markt und Schattenmarkt: Ein Bericht über Robert Johns Recherchereisen nach Kambodscha für sein Forschungsprojekt.

<http://www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/forschen-und-entdecken/zwischen-markt-und-schattenmarkt>

# Weg mit dem Müll

In Zellen wird permanent überflüssiges Material gesammelt, umgebaut und recycelt

von Stephanie Streif



*Eine Freiburger Biochemikerin untersucht in kleinen Schritten, wie die molekularen Mechanismen bei der Müllentsorgung ablaufen. Um herauszufinden, was an dem „Müllauto“ in der Zelle wichtig ist, verändert sie es und montiert zum Beispiel ein Rad ab. Illustration: Jürgen Oschwald*



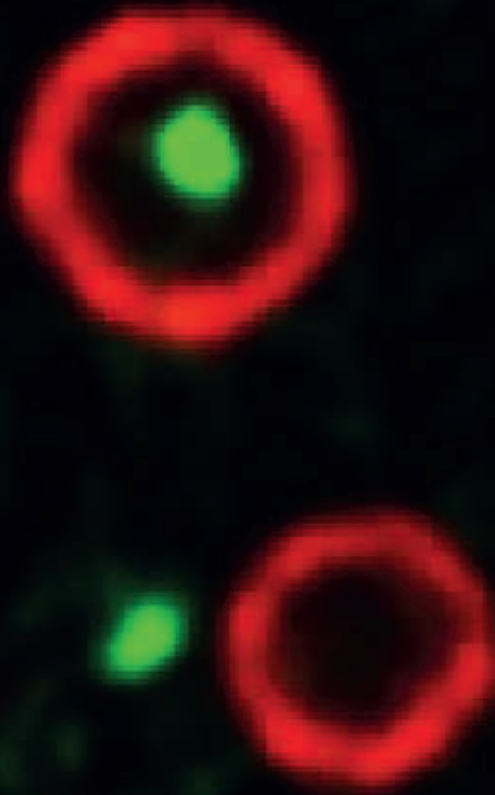
In dem Büro von Prof. Dr. Claudine Kraft sitzt eine Hefezelle im Regal. Keine echte, sondern eine selbst genähte mit Augen, Haaren, vor allem aber mit viel Bauch. Ihr früheres Team in Wien/Österreich habe ihr die Zelle zum Abschied geschenkt, erzählt Kraft, die seit November 2017 die Professur für Biochemie mit Schwerpunkt Zelluläre Systeme an der Medizinischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität innehat. Kraft erforscht, wie die Zellreinigung im Minikleinen, also auf molekularer Ebene, funktioniert. Noch ist ihr Untersuchungsgegenstand die Hefezelle. Die menschliche Zelle sei zu komplex, sagt sie. „Bevor wir an ihr forschen, brauchen wir erst einmal eine Grundidee.“ Und die soll die Hefezelle Kraft und ihrem Team liefern.

### „Wir wollen verstehen, was genau diese Akteure tun“

Wie sich die Zelle in ihrem Innern sauber hält, hat Forscherinnen und Forscher lange Zeit nicht interessiert. Seit rund 20 Jahren wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler wissen, welche Proteine in der Zelle die Müllentsorgung am Laufen halten. Rund 40 Proteine sollen maßgeblich daran beteiligt sein. Kraft und ihr Team gehen noch ein Stückchen weiter. Ihnen reicht es nicht, nur die Akteure zu identifizieren: „Wir wollen verstehen, was genau diese Akteure tun und wie die molekularen Mechanismen bei der Müllentsorgung der Reihe nach ablaufen.“ Während sie redet, zeichnet Kraft einen großen Kreis an die Tafel in ihrem Büro. Die Zelle sei wie eine Stadt, sagt sie. Ihre Membran sei sozusagen die Stadtmauer, der Zellkern das Rathaus. Straßen gebe es auch – das Zellskelett. Und dann verfüge jede Zelle auch noch über Mitochondrien, das entspreche den Kraftwerken, die für die Energieversorgung der Stadt zuständig seien. Als Letztes zeichnet Kraft noch ein Oval in die Zelle. „Das ist die Vakuole. Hier wird der Müll recycelt.“ Diesen Recyclingprozess nennen Forschende Autophagie.

#### Das „Housekeeping“ der Zellen

Dass die Autophagie bei Zellbiologinnen und -biologen so plötzlich in Mode kam, hat auch mit der von Forschern damals gezüchteten Knockout-Maus zu tun, deren Gehirnzellen nicht mehr in der Lage waren, ihren eigenen Müll zu entsorgen. Die



*Im Reagenzglas sind in Rot die Müllverbrennungsanlage, die Vakuole, und in Grün die Müllsäcke, die Autophagosomen zu erkennen. Im oberen Teil des Bildes fand eine Fusion statt, im unteren nicht. Foto: AG Claudine Kraft/Universität Freiburg*

Folgegenerationen wurden mit einer Neurodegeneration geboren und entwickelten Symptome von Alzheimer, Parkinson und Chorea Huntington. Die Autophagie war also doch nicht so unwichtig, wie lange angenommen – und vielleicht, so die Hoffnung, würden sich mit viel Forschung in diesem Bereich irgendwann einmal Krankheiten wie Alzheimer oder auch Krebs heilen lassen. Fest steht: Um zu überleben, muss jede Zelle ihren Müll entsorgen. Das sei wie in einer Stadt, sagt Kraft: „Würden wir den Müll einfach herumliegen lassen, wäre das sehr problematisch. Der Verkehr käme nicht mehr durch, und irgendwann hätte man Ratten in der Stadt, die gefährliche Krankheiten übertragen würden.“ Mit der Zelle verhalte es sich ähnlich. Auch sie müsse „Housekeeping“ betreiben, so die Wissenschaftlerin. In der Vakuole angekommen, werden die Abfälle erst ab- und dann so umgebaut, dass sie für die Zelle wieder verwertbar werden. Was in der Zelle passiert, ist also mehr ein Recycling als eine Entsorgung.

#### Nachbau im Reagenzglas

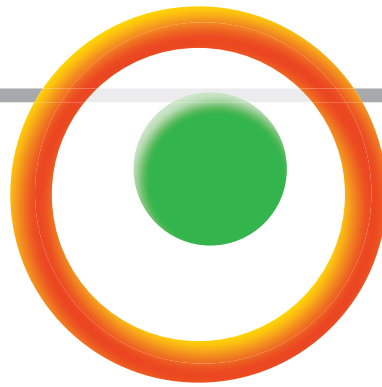
„Molekularbiologen arbeiten immer indirekt“, sagt Kraft. Sie forschen also nicht an der Zelle selbst, sondern lösen etwa Gene aus der Zelle

heraus und bringen die von ihnen produzierten Proteine im Reagenzglas mit anderen Autophagie-Akteuren zusammen – wie der Vakuole, dem in Bläschen abgepackten Zellmüll und der intrazellulären Flüssigkeit. In vitro, also außerhalb des lebenden Organismus, wird der hochkomplexe Recyclingprozess dann Stück für Stück nachgebaut.

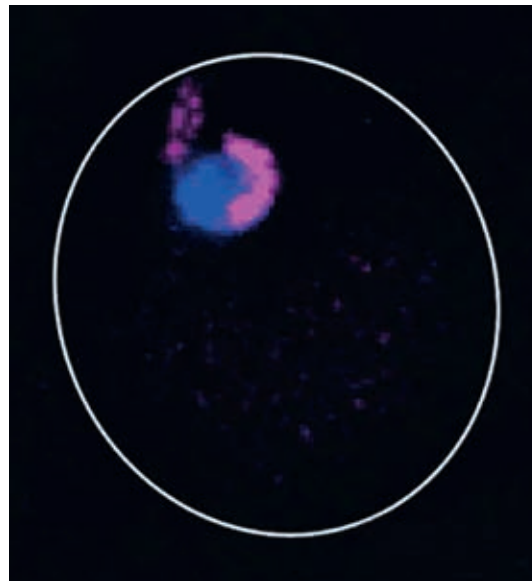
### „Wir beobachten die Müllabfuhr“

Kraft erklärt: „Wenn wir zum Beispiel herausfinden wollen, welche Funktion Protein X innerhalb des Prozesses erfüllt, dann kommt es erst einmal nicht mit ins Glas.“ Unter dem Fluoreszenzmikroskop sehe man dann, dass der Zellmüll verpackt und zur Vakuole transportiert, dort aber nicht entladen werde. „Das ist dann der Moment, in dem wir sicher sagen können, dass das Protein X gebraucht wird, um den Müll an die Vakuole abzugeben.“ Diese Übergabe hat Kraft sogar als kleines Filmchen auf ihrem Laptop. Sie deutet auf die Stelle, die festhält, wie die Vakuole den in gleich große Bläschen abgepackten Müll in sich aufnimmt. „Wir wissen jetzt auch, dass der Müll an der Vakuole verpackt wird. Dort entsteht die Membran um den Abfall.“





Ob sie denn hoffe, mit ihrer Forschung irgendwann auch mal Alzheimer oder Krebs zu heilen? Kraft schüttelt den Kopf und sagt, dass sie Grundlagenforschung betreibe. Als die Autophagieforschung vor zwanzig Jahren plötzlich aufgefunden sei, erinnert sich Kraft, sei auch die Pharmaindustrie interessiert gewesen. Die habe sich in den vergangenen fünf Jahren allerdings wieder zurückgezogen. „Wir wissen noch zu wenig, darum stießen die Pharmafirmen an ihre Grenzen.“ Wenn Kraft ihr Tun beschreibt, dann immer sehr konkret. Sie malt auch mal ein Müllauto ins Innere einer Zelle – mit Rädern, Laderaum und Schüttung. „Wir beobachten die Müllabfuhr: Wir sehen zum Beispiel das Müllauto und überlegen, was genau an ihm so wichtig ist und ob es tatsächlich alle vier Räder braucht. Um das herauszufinden, montieren wir auch mal eins der Räder ab – um dann festzustellen, dass das Müllauto stehen bleibt.“ Das Ziel von Krafts Arbeit ist, die komplette Autophagie auf molekularer Ebene zu verstehen und in einem Reagenzglas nachzubauen. Nachdem klar ist, welche Proteine bei der Aufnahme des Mülls in die Vakuole eine Rolle spielen, will sie jetzt herausfinden, wo die Müllmembran so plötzlich herkommt und warum die Vakuole nur geschlossene Müllsäcke in sich aufnimmt. Zu entdecken gibt es für die Freiburger Biochemikerin also noch viel.



So sieht der Vorgang in einer lebenden Zelle aus:  
Die Membran (lila) packt den Müll (blau) ein.

Foto: AG Claudine Kraft/Universität Freiburg



**Prof. Dr. Claudine Kraft** studierte Biochemie an den Universitäten Basel/Schweiz und Manchester/England, wo sie zum ersten Mal mit biochemischen In-vitro-Systemen in Kontakt kam. Ihr Studium schloss sie 2001 mit dem Diplom ab. Im Anschluss wechselte sie an das Forschungsinstitut für Molekulare Pathologie in Wien/Österreich. Nach ihrer Promotion 2005 forschte sie fünf Jahre an der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich/Schweiz zur Autophagie in Hefezellen. 2011 kehrte sie nach Wien zurück, um an der dortigen Universität als Junior-Gruppenleiterin zu arbeiten. 2017 wechselte sie auf die Professur für Biochemie an der Albert-Ludwigs-Universität. Für ihre Forschung erhielt sie 2017 vom Europäischen Forschungsrat (ERC) einen Consolidator Grant.

Foto: Daniel Hinterramskogler

### Zum Weiterlesen

Kriegenburg, F., Bas, L., Gao, J., Ungermann, C., Kraft, C. (2019): The multi-functional SNARE protein Ykt6 in autophagosomal fusion processes. In: *Cell Cycle*, 18, S. 639–651. DOI: 10.1080/15384101.2019.1580488

Bas, L., Papinski, D., Licheva, M., Torggler, R., Rohringer, S., Schuschnig, M., Kraft, C. (2018): Reconstitution reveals Ykt6 as the autophagosomal SNARE in autophagosome-vacuole fusion. In: *Journal of Cell Biology*, 217 (10), S. 3656–3669. DOI: 10.1083/jcb.201804028

[www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/forschen-und-entdecken/muellverwertung-in-der-zelle](http://www.pr.uni-freiburg.de/pm/online-magazin/forschen-und-entdecken/muellverwertung-in-der-zelle)



# Entrepreneurship Education

Street-Art als neues betriebswirtschaftliches Lehrformat

von Mathias Heybrock



*Graffiti für die Betriebswirtschaft: Mit selbstgemalten Wandbildern erlangen Studierende Kompetenzen, die ihnen bei der Gründung von Start-ups helfen. Foto: Ingeborg Lehmann*

An der Stefan-Meier-Straße, Ecke Unterführung zur Mathildenstraße, begleitet ein knallbuntes Graffiti die Passanten auf ihrem Weg durch Freiburg. Darauf zu sehen sind unter anderem ein Tintenfisch in einem verschmutzten Ozean, der eine Piratenfahne in einem seiner Tentakel schwenkt und eine Regenbogenfahne in einem anderen. Auch eine Miniaturansicht von Freiburg gibt es zu sehen sowie das Konterfei von Christian Streich, Trainer des Fußball-Bundestligisten SC Freiburg, im Dialog mit Walter Eucken, einem Vordenker der sozialen Marktwirtschaft.

## „Ein offener Geist sieht mehr als ein geschlossener“

Es stellt sich die Frage, was ein solches Wandgemälde mit Unternehmenskultur und Innovationen zu tun hat? „Jede Menge“, sagt der Betriebswirtschaftler Prof. Dr. Stephan Lengsfeld, dessen Studierende die Wand im letzten Sommersemester bemalt haben. Lengsfeld, Professor für Finanzwesen, Controlling und Entrepreneurship, beschäftigt sich seit vielen Jahren mit Lehrformen, die über die Vermittlung von Buchwissen hinausreichen.

### Lern- und Lehrkonzept „EconRealPlay“

„Haptik ist zum Beispiel ein wichtiges Element“, sagt er. „Sie nämlich ermöglicht buchstäbliches ‚Begreifen‘.“ Auf dieser Erkenntnis basiert das Lern- und Lehrkonzept EconRealPlay, das Lengsfeld bereits 2013 entwickelte. Es macht wirtschaftliche Vorgehensweisen in spielerischen Simulationen mittels Legosteinen und anderer Materialien erfahrbar und wurde 2015 mit dem Lehrentwicklungspreis der Universität Freiburg ausgezeichnet. Die guten Erfahrungen, die er mit EconRealPlay sammelte, flossen in den Bereich Entrepreneurship Education ein, den Lengsfeld seit 2016 aufgebaut hat. Dieser vermittelt Studierenden auf handlungsorientierte Weise Kompetenzen, die für Arbeitsprozesse in Unternehmen und die Initiierung von Start-ups notwendig sind.

„Die beste Geschäftsidee nützt nichts, wenn man sie nur beschreibt“, sagt Lengsfeld. „Man muss sie auch umsetzen, muss ins Handeln kommen.“ In einer klassischen Vorlesung erlernt man eher wenig reale Handlungskompetenz. In einem Seminar, bei dem die Studierenden gemeinsam ein Wandbild erstellen, ist das anders. „In der Psychologie gibt es den Begriff ‚mindset‘“, führt der Wirtschaftswissenschaftler die psychologischen Grundlagen seines methodischen Ansatzes aus. Mit „mindset“ ist die Denkweise, ja überhaupt die Lebenseinstellung eines Menschen gemeint. Günstig ist eine Lebenseinstellung, die an individuelle Entwicklungs- und Wachstumsmöglichkeiten glaubt, ein so genanntes „growth mindset“. „Ein offener Geist sieht mehr als ein geschlossener“, er ist flexibler, bewältigt Herausforderungen besser – „alles Dinge, die ein erfolgreicher Entrepreneur oder eine Entrepreneurin oder jeder, der im Sinne von Intrapreneurship neue Prozesse in einer Organisation anstoßen möchte, gut gebrauchen kann“, so Lengsfeld. „Mit einer derartigen Einstellung erkennt man auch mehr wirtschaftliche Chancen.“

### Grenzen verschieben

Ein offenes Mindset lässt sich trainieren. Durch fächerübergreifenden Austausch zwischen Wissenschaft und Kunst etwa – eine Konfrontation, die Erfahrungsräume erweitert, Grenzen verschiebt, Perspektiven schafft. Dass in Lengsfelds Seminar die öffentliche Kunstform Street-Art die Rolle dieses Sparringspartners übernimmt, hat persönliche Gründe. „Ich mag Street-Art“, erzählt der Professor. „Auch wenn ich in anderen Städten unterwegs bin, achte ich immer darauf, wie sie im öffentlichen Raum wirkt und wie sie mich beeinflusst.“ Er recherchierte und kontaktierte schließlich den Künstler Pone, einen Sprayer, für sein Seminar. In den ersten Sitzungen gab Pone den Studierenden eine kleine Einführung in die Geschichte und Technik von Graffiti und Street-Art – inklusive einer Exkursion zu den Orten, an denen man legal Graffiti anbringen kann. Dazu zählt etwa die Unterführung an der Musikhochschule, die älteste so genannte „Hall of Fame“ in der Stadt.



Mehr als das Wissen aus Büchern: Studierende und Professor verschieben im Seminar ihre Grenzen. Fotos: Ingeborg Lehmann, vexels.com

Anschließend begann die Konzeptphase. Die Studierenden wollten zunächst wie üblich anfangen zu schreiben, stattdessen hieß es: „Stopp, jetzt bitte mal keine Texte! Zeichnet, macht eine Skizze!“ Dass das nicht jeder und jedem gleich leichtfalle, sei genau der Punkt, so Lengsfeld: „Man verlässt seine Komfortzone, entdeckt neue Seiten an sich. Man verschiebt seine Grenzen. Und genau das ist auch die Grundlage für unternehmerische Ideen und Innovation.“ Auch der Seminarleiter selbst stellte in diesem Prozess seine Flexibilität unter Beweis. „So ein Seminar muss nicht notwendig dem einmal festgelegten Ablauf folgen. Auch ich muss bereit sein zu Anpassungen und sollte reagieren können.“ Nach den ersten Sitzungen wurde klar, dass sich für die Ideen der Studierenden eine Graffiti-Technik gut eignen würde, bei der mit Schablonen gearbeitet wird: die so genannte Stencil-Technik. Daher zog Lengsfeld noch einen zweiten Street-Artisten mit dem Künstlernamen TTF hinzu.

Dann kam der spannende Moment. „Den Studierenden wird klar: Wenn sie jetzt nicht von sich aus aktiv werden, gibt es am Ende kein Ergebnis. Ich male die Wand nämlich nicht für sie an“, sagt Lengsfeld und schildert, was dann passiert: „Ein oder zwei Personen können vielleicht gut organisieren. Die besorgen Materialien, koordinieren Abläufe, geben sozusagen den Rahmen vor. Und andere, mit einer eher künstlerisch-kreativen Ader, beginnen ihn zu füllen. Andere entdecken ihre künstlerische Ader.“ Ganz allgemein habe sich jede und jeder ge-

fragt: „Welche Stärken habe ich, und wie kann ich sie für das gemeinsame Ziel einsetzen?“ Bislang habe das immer hervorragend geklappt, so Lengsfeld: „Ich habe bei derartigen Projekten nie erlebt, dass eine Gruppe nicht ins Handeln gekommen ist, dass etwa nur zwei die ganze Arbeit machen und der Rest in Passivität verharrt.“

#### Parallelen zum Start-up

In dieser Dynamik lernen die Studierenden viel: über arbeitsteiliges Arbeiten für den gemeinsamen Erfolg, über die Grundlagen gelingender Gründerkultur und Innovationen. „Es kam zum Beispiel vor, dass einer eine Idee für ein Bildmotiv hatte. Das wurde dann gemeinsam diskutiert, weiterentwickelt – und tauchte in der Ursprungsform schließlich gar nicht an der Wand auf, hat aber anderen den Impuls gegeben für weiterführende Ideen, die dann realisiert wurden.“

### „Man verlässt seine Komfortzone, entdeckt neue Seiten an sich“

Kein Grund zur Frustration, weiß Lengsfeld. „Das kann im Gegenteil auch sehr befriedigend sein, zu wissen, dass man mit seiner Idee den Anstoß gegeben hat, sofern es wechselseitig gewürdigt wird.“ Genau so laufe es ja bei erfolgreichen Start-ups: Man hat eine Idee für ein gutes Produkt, versucht, es auf den Markt zu bringen – und merkt

bei ersten Tests, dass die Kundinnen und Kunden eigentlich etwas anderes brauchen. Erfolgreich ist, wer dann flexibel genug ist, sich von seiner Ursprungsidee zu lösen.

Das Seminar vermittelt aber nicht nur Grundlagen gelingenden ökonomischen Handelns, es lehrt die Studierenden auch einiges über ihre eigene Persönlichkeit. „Es gibt da eine Schnittstelle zur Entwicklungspsychologie“, bestätigt Lengsfeld, „es geht mir durchaus auch um Persönlichkeitsbildung.“ Die Seminarteilnehmerinnen und -teilnehmer haben deswegen nach Abschluss der Veranstaltung alle einen anonymisierten Fragebogen ausgefüllt, in dem es um die Erkenntnisse ging, die sie über sich



*Gedanken zur sozialen Marktwirtschaft:  
Auch Fußballtrainer Christian Streich und Ökonom  
Walter Eucken wurden auf den Wänden verewigt.*

selbst gewonnen haben: Was weiß ich nun über mich, mein Verhalten in der Gruppe, meine Stärken? Ein Studierender analysierte diese Ergebnisse dann in seiner Hausarbeit.

### Empirische Forschungsmethoden

„Letztendlich sind wir ja Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler und bilden auch zum Forschen aus“, betont Lengsfeld. Die Studierenden kamen also ins Handeln, haben die damit verbundenen Prozesse gleichzeitig evaluiert und Methoden des empirischen Arbeitens erlernt. Zu Forschungszwecken wurden auch Passantinnen und Passanten befragt, die an der bemalten Wand an der Stefan-Meier-Straße vorbeilaufen: Wirkungsmessung im Sinne des Social Impact Measurements, und zwar einmal vor, einmal nach der Fertigstellung des Murals, wie man solche Wandbilder auch nennt. „Es ist ja ein Projekt im öffentlichen Raum“, sagt Lengsfeld, „und auch das finde ich wichtig: Dass wir als Universität ‚nach draußen‘ gehen, zeigen, was wir machen, dass wir in der Gesellschaft präsenter werden und stärker in den Dialog mit ihr gehen. Das, finde ich, ist hier sehr schön gelungen. Im kleinen Rahmen zwar, aber doch.“

Und es stimmt natürlich auch nicht, dass Lengsfeld seine Studierenden die ganze Arbeit hat alleine machen lassen: „Natürlich habe auch ich Stencils und Graffiti entworfen und an die Wand angebracht. Dass ich die Technik erlerne, hätte ich vorab auch nicht gedacht. Durch das Seminar habe auch ich meine Grenzen verschoben.“

[www.finrech.uni-freiburg.de](http://www.finrech.uni-freiburg.de)



**Prof. Dr. Stephan Lengsfeld** hat Betriebswirtschaftslehre an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken studiert sowie das Grundstudium in Mathematik an der Universität Köln absolviert, an der er 1998 promoviert wurde. 2004 schloss er seine Habilitation an der Universität Tübingen ab und erhielt das Baden-Württemberg-Zertifikat für den Erwerb hochschuldidaktischer Kompetenzen mit Schwerpunkt interaktive Lehrformen. 2010 übernahm er die Professur für Finanzwesen, Rechnungswesen und Controlling an der Universität Freiburg. Nach dem durch ihn erfolgten Aufbau des Forschungsschwerpunkts und Lehrschwerpunkts Entrepreneurship an der Universität Freiburg besitzt die Professur seit 2019 die Ausrichtung Professur für Finanzwesen, Controlling und Entrepreneurship. Seine Forschungsschwerpunkte sind Entrepreneurship und Intrapreneurship, Mindset und Organizational Change, Behavioral Economics, Controlling, Social Impact Measurement wie auch erfahrungs- und handlungsorientierte Lehr- und Lernformen in der Hochschuldidaktik.

Foto: Jürgen Gocke

### Zum Weiterlesen

Lehmann, E. E., Seitz, N. (2016): Creativity and entrepreneurship: culture, subculture and new venture creation. In: Wagner, M., Valls-Pasola, J., Burger-Helmchen, T. (Hrsg.): The Global Management of Creativity. New York, S. 97-121.

Reinecke, J. (2012): Street-Art – Eine Subkultur zwischen Kunst und Kommerz. Bielefeld.

Pittaway, L., Cope, J. (2007): Simulating Entrepreneurial Learning – Integrating Experiential and Collaborative Approaches to Learning. In: Management Learning, 38 (2), S. 211-233.



# Gesundheitsfürsorge in Metropolen

Lernen, wie sich gesundheitliche Risiken in Städten bewältigen lassen

von Anita Ruffer

**W**eltweit zieht es die Menschen weg vom Land: Heutzutage leben etwa 55 Prozent der Weltbevölkerung in Städten, Tendenz steigend. Das dortige Leben geht oftmals einher mit gravierenden Gesundheitsrisiken, hervorgerufen zum Beispiel durch Umweltbelastungen, ungesunde Ernährung, zu wenig Bewegung, Stress und überlastete Gesundheitsdienste. In Studiengängen wie dem Masterstudiengang „Global Urban Health“ an der Universität Freiburg werden Empfehlungen zur Verbesserung der Gesundheit von Stadtbewohnern und zur Weiterbildung von Entscheidungsträgerinnen und Entscheidungsträgern erarbeitet.

Die gelernte Kinderkrankenschwester Hannah Nebel ist Teilnehmerin des einjährigen Weiterbildungsstudiengangs. Sie hat bereits einen Bachelor- und Masterabschluss in Sozialer Arbeit, in Ländern wie Brasilien und Kenia gearbeitet und sammelt seit zweieinhalb Jahren in Erfurt

berufliche Erfahrungen bei den Sozialen Diensten der Johanniter Thüringen und Sachsen-Anhalt. Die Teilnahme an dem Freiburger Studiengang bietet ihr die Möglichkeit, auf ihren bisherigen beruflichen Erfahrungen aufzubauen.

Andere Teilnehmerinnen und Teilnehmer bringen andere Voraussetzungen mit: Kenntnisse in Stadtplanung, Gesundheits-, Umwelt-, Sozial-, oder Wirtschaftswissenschaften – allem, was die Gesundheit in städtischen Ballungsgebieten beeinflusst. Zwölf unterschiedliche Disziplinen decken die 20 Studierenden des derzeit dritten Jahrgangs ab. Die Frauen und Männer stammen aus allen Teilen der Welt. Manche werden von nationalen Forschungsinstituten oder Gesundheitsministerien zur Weiterbildung nach Freiburg geschickt. Damit spiegelt die personelle Zusammensetzung von Lehrenden und Lernenden die Themen und den globalen Bezug des englischsprachigen, 2016



*Etwa 55 Prozent der Weltbevölkerung wohnt in Städten. Da das dortige Leben, wie hier in Ho-Chi-Minh-Stadt/Vietnam, oftmals mit Gesundheitsrisiken einhergeht, erarbeiten Freiburger Studierende Empfehlungen zur Verbesserung der Gesundheit von Stadtbewohnern. Foto: Paul/stock.adobe.com*

erstmalig angebotenen Studiengangs wider. „Wir wollen alle voneinander lernen“, erklärt die Koordinatorin Dr. Sonia Diaz-Monsalve, die die Lehrenden auch als Lernende betrachtet. Im Kleinen praktizieren sie somit, was auch in internationalen Gesundheitsorganisationen zum Standard gehört: die Arbeit in interdisziplinären Teams. „Eine Professorin oder ein Professor allein kann gar nicht alle Perspektiven von Global Health abdecken“, sagt Diaz-Monsalve.

#### **Zusammenarbeit mit der WHO**

Entsprechend gestalten sich die Methoden der Vermittlung: partizipativ statt dozierend, mit Präsentationen und Workshops, was zur Begrenzung der Teilnehmerzahl zwingt. Die aus Kolumbien stammende Gesundheitswissenschaftlerin Diaz-Monsalve hat den Freiburger Studiengang gemeinsam mit dem in Freiburg und Liverpool lehrenden

Mediziner Prof. Dr. Axel Kroeger und einer Reihe von Kolleginnen und Kollegen der Philosophischen und Medizinischen Fakultät sowie der Universitätsverwaltung entwickelt. Es besteht eine enge Zusammenarbeit mit der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und vielen Institutionen im In- und Ausland.

Auf das dreimonatige Kernmodul, in dem grundlegende Kenntnisse etwa zu qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden, Epidemiologie, Statistik, Analyse von Gesundheitssystemen und Stadtplanung vermittelt werden, folgt ein sechsmo-  
natiges Modul mit circa zweiwöchigen Themenschwerpunkten, zum Beispiel zu ansteckenden und chronischen Krankheiten und den Programmen zu ihrer Bekämpfung oder zum Umweltmanagement. Auch Exkursionen zur WHO in Genf/Schweiz und zu vergleichbaren Institutionen in Basel/Schweiz und Straßburg/Frankreich sind Teil des Curriculums.



*Erfahrungsaustausch: Die Studierenden stammen aus allen Teilen der Welt und werden von Instituten oder Ministerien zur Weiterbildung nach Freiburg geschickt. Foto: Franz Ehret*

## „Wir wollen alle voneinander lernen“

Tarek Mahjoub, mit Nebel einer der Studiengangsprecher, fühlte sich ganz besonders angesprochen von dem Modul „Migration, Gewalt und mentale Gesundheit in städtischen Bevölkerungen“, das er – nach ausgiebigen Internetvergleichen mit ähnlichen Studiengängen weltweit – so nur in Freiburg gefunden habe. Ansonsten sei er auf Angebote gestoßen, die ihm viel zu eurozentriert erschienen. Nichts für einen 27-Jährigen, der in Syrien geboren und in Saudi-Arabien aufgewachsen ist und der sich mangels nationaler Zugehörigkeit selbst wie ein „lifelong migrant“ fühlt. In Ägypten hat er lange als Zahnarzt gearbeitet und dabei zu seinem Missfallen vorwiegend „Fälle statt Menschen“ behandeln müssen. Ihm habe die Kommunikation mit seinen Patientinnen und Patienten gefehlt, denen er gerne erklärt hätte, wie man seine Zahngesundheit erhalten kann, indem man die Zähne gut pflegt und auf die richtige Ernährung achtet. Deshalb arbeitet er als Freiwilliger in Flüchtlingslagern und Hospizen, um den Menschen dort zu helfen. Sein Forschungsprojekt, mit dem er – nach der mündlichen und schriftlichen Prüfung – den Studiengang abschließt, beschäftigt sich mit der Frage, wie jugendliche Migrantinnen und Migranten in Freiburg sich am

besten integrieren können und wie sich das auf ihre mentale Gesundheit auswirkt. Sport, insbesondere Fußball, so seine Erkenntnis, ist dabei noch wichtiger als das Erlernen der neuen Sprache.

### Regional unterschiedliche Lösungen

Situationen analysieren, Pläne und Strategien für eine bessere Gesundheitsversorgung entwerfen, die dafür nötigen Kenntnisse und Fertigkeiten vermitteln: Dies gehört für die Studiengangskordinatorin neben der Fähigkeit zur Teamarbeit zu den zentralen Bildungszielen, die vermittelt werden sollen. Die Studierenden lernen, dass sie sich nicht darauf beschränken können, Programme zu entwerfen, die pauschal über den Globus verbreitet und den Menschen unabhängig von ihren Lebensumständen übergestülpt werden. „Das Handwerkszeug ist vorhanden“, sagt Diaz-Monsalve. „Aber wie bringen wir es zu den Leuten?“ Versuche, in Regionen, die unter Wassermangel leiden, dem Denguefieber vorzubeugen, indem man den Menschen predige, Gefäße mit Wasser nicht offen stehen zu lassen, findet die Gesundheitswissenschaftlerin absurd. Ähnlich sei es mit Kondomen zur

*Pläne und Strategien für eine bessere Gesundheitsversorgung: Dafür arbeiten die Lehrenden des Studienganges eng mit der Weltgesundheitsorganisation zusammen. Foto: WHO/Wikimedia Commons*



**Dr. Sonia Díaz-Monsalve** hat Gesundheitswissenschaften in Bogotá/Kolumbien studiert und promovierte von 1995 bis 2000 in Philosophie und Public Health in Liverpool/England. Anschließend arbeitete sie im Bereich der globalen Gesundheitswissenschaften in mehr als 30 Industrie- und Entwicklungsländern. Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus Freiburg entwickelte sie das interdisziplinäre Masterstudienprogramm „Globale Gesundheit in städtischen Gebieten“ (MSc Global Urban Health) an der Albert-Ludwigs-Universität, dessen Koordinatorin sie ist. Sie organisiert Forschungsprojekte in einer Reihe von Ländern Lateinamerikas und Asiens und entwickelt Ausbildungsmaterialien für das Monitoring und die Evaluation von Gesundheitsdiensten für internationale Organisationen wie die Weltgesundheitsorganisation und den Global Fund zur Bekämpfung von AIDS, Tuberkulose und Malaria.

Foto: Andreas P. Williams



Vermeidung einer Ansteckung mit HIV: Nebel hat in Malawi zu ergründen versucht, wo die Hürden liegen. „Der Umgang mit Sexualität wird sehr angstbezogen vermittelt.“ Ihr hingegen schwebt ein „ganzheitlicher Ansatz“ in der Sexualerziehung vor: „Die Jugendlichen sollten Bescheid wissen über ihren Körper und selbstverantwortlich damit umgehen lernen, statt Belehrungen und Warnungen vor Krankheiten zu folgen.“ Sie hat genau hingeschaut: Woher beziehen sie ihr Wissen über Sexualität und Beziehungen? Braucht es außerschulische

Bildungsangebote? Wie müssen die gestaltet werden? Die reichen Industrienationen sind nicht unbedingt vorbildhaft. Deutschland mit seiner auf den individuellen Patienten zugeschnittenen Medizin, heißt es, könne sich für ein auf die Gemeinde und das Zusammenleben ausgerichtetes Gesundheitswesen durchaus einiges abschauen von ärmeren Ländern.

[www.zmg.uni-freiburg.de/de/lehre-de/mscglobalhealth](http://www.zmg.uni-freiburg.de/de/lehre-de/mscglobalhealth)

### Zum Weiterlesen

Mumm, R., Díaz-Monsalve, S. et al. (2016): Exploring urban health in Cape Town, South Africa: an interdisciplinary analysis of secondary data. In: Pathogens and Global Health, S. 2047–7732.

Díaz-Monsalve, S. (2004): The impact of health management training programmes in Latin America. In: Cadernos de Saude Publica, 20, S. 109–118.

Díaz-Monsalve, S. (2003): Measuring the job performance of district health managers in Latin America. In: Annals of Tropical Medicine & Parasitology, 97, S. 299–311.

45

# Zusammenspiel von Musik und Körper

Die Gesänge der untergegangenen  
Freiburger Kartause

von Annette Hoffmann

de oya dni q poluit prodi  
aufertens bella usq ad fin

Die Musik der Freiburger Kartause ist bereits vor langer Zeit verklungen. Obgleich einige Handschriften mit Musiknotationen erhalten sind, können wir nicht genau sagen, wie sich die mittelalterlichen Werke damals anhörten, wir können sie nur nachempfinden. Besucherinnen und Besucher der Ausstellung „Musik in der Kartause“ können in der Universitätsbibliothek Freiburg in einige Beispiele hineinhören. „Es sind Annäherungen“, sagt Dr. Stefan Häussler, das heißt mehr musikalische Interpretation als umfassend gesicherte Rekonstruktion, gibt es doch zu viele Ungewissheiten.

Der an der Albert-Ludwigs-Universität lehrende Musikwissenschaftler, der auch Mitglied des Freiburger Ensemble SurPlus ist, hat im vergangenen Sommersemester ein Seminar über die Kartäusergesänge angeboten. Die gemeinsame Arbeit mit acht Studierenden mündete in eine Ausstellung, die durch Plakattafeln, Hörproben und eine Vitrine mit Literatur und Filmen Einblicke in eine untergegangene Welt vermittelt. Dass wir nicht sicher wissen, wie die Gesänge klangen, habe mit dem mittelalterlichen Notationssystem zu tun, erklärt Häussler. Es sei zwar die Grundlage für unser fünfliniges Notensystem und weise viele Parallelen dazu auf, doch unter anderem seien Takt und Tempo nicht vermerkt. Forscherinnen und Forscher



*Bibelstellen in lateinischer Sprache: Es gab bei der Musik des Kartäuserordens eine enge Verbindung zwischen dem Melodievortrag und den Gesangstexten. Quelle: Psalterium - Universitätsbibliothek*

*Freiburg i. Br., Hs. 64, [Freiburg], [1366/1405 & vor 1405]*

<http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/hs64/0070>



vermuten, dass es einen engen Bezug zwischen dem Melodievortrag und den Gesangstexten gab. Die Texte waren lateinisch und bis auf wenige Ausnahmen Bibelstellen. „Die lateinische Sprache hat dafür gesorgt, dass gewisse sprachliche Grundlagen über mehr als tausend Jahre erhalten blieben und den Vortrag immer wieder neu prägen konnten“, sagt Häussler und erzählt, dass im Seminar erst die Noten transkribiert werden mussten, um den Gesang für die Hörproben aufnehmen zu können.

### **Schnittstelle von Kloster zu Universität**

Dass sich heute Zeugnisse des Kartäuserordens, insbesondere seines Musiklebens, in der Universitätsbibliothek finden, führt auf die engen Verbindungen zwischen Kloster und Universität zurück. Dafür steht eine Person wie Gregor Reisch, der um 1500 erst an der Universität lehrte und dann Prior des Klosters wurde. „Ein wesentlicher Teil der damals entstandenen Handschriften gehört heute zum Bestand der Universitätsbibliothek“, sagt Häussler. Dies war eine Grundvoraussetzung, um die Musik der Kartause im Seminar zu erforschen. „Durch die Digitalisierung der Quellen hat die Freiburger Universitätsbibliothek viel dazu beigetragen, dass diese Schätze sichtbar geworden sind.“ Das Thema des Seminars vereint gleich zwei große Interessengebiete des Musikwissenschaftlers: zum einen die Musikgeschichte Freiburgs, zum anderen das Gebiet der Handschriften, die ein Zeugnis der Musik der Vergangenheit sind. „Man kann Studierende nicht ohne Weiteres für die Welt des Mittelalters begeistern, man muss sie dafür gewinnen“, sagt Häussler. „Es war eine Herausforderung, die Lehrveranstaltung so anzulegen, dass ich auf die unterschiedlichen Voraussetzungen eingehen konnte.“ Durch die Ausstellung sei zudem viel Organisatorisches hinzugekommen. Häussler verteilte die Themen früh, gearbeitet wurde sowohl einzeln als auch in Gruppen. Für die Texte der Ausstellung zeichnen mehrere Autorinnen und Autoren verantwortlich.

Die Beiträge mussten anschließend lektoriert und in ein Layout gebracht, Bilder mussten besorgt, die Schautafeln aufgehängt und die Vitrine eingerichtet werden.

### **Strenge Ordnung in den Quellen**

Tatsächlich sind die Anforderungen bei einem solchen Thema über das rein musikalische Fachwissen hinaus nicht gerade klein. Lateinkenntnisse sind dabei ebenso von Nutzen wie die historischen Hilfswissenschaften und ein Gespür für die Bedeutung, die Regeln und eine feste Gesellschaftsordnung für das Leben der Menschen im Mittelalter hatten. Letztere wurde durch die besondere Strenge des Kartäuserordens noch verstärkt. Der Tagesablauf der Kartäuser vollzieht sich im Schweigen, frei geredet wird praktisch nur auf den sonntäglichen Spaziergängen der Mönche. Was die Musik in einer solchen Gemeinschaft bedeuten kann, lässt sich daher kaum überschätzen. Die strenge Ordnung spiegelt sich auch in den Handschriften wider. Die Gesänge strukturierten den Tagesablauf und waren an das Kirchenjahr gebunden. Wann sie aufgeführt wurden, ist in den Handschriften ebenso vermerkt wie Details des Vortragstils, etwa wann der Sänger die Kapuze abnimmt oder aufsetzt.

### **Musik als Takt des Lebens**

Was einst in der Freiburger Kartause erklang, ist repräsentativ für den gesamten Orden. Es sind einstimmige Gesänge, obwohl das ausgehende Mittelalter aus der Perspektive der Musikgeschichte durch die Mehrstimmigkeit geprägt war. Häussler wundert dieser scheinbare Widerspruch nicht: Es gebe zwar, so der Musikwissenschaftler, zunächst vergleichsweise wenige Quellen für Mehrstimmigkeit, dann aber seien es so markante wie etwa jene der Notre-Dame-Schule, nach denen eine ganze Musikgeschichteperiode benannt wurde. Und tatsächlich ist nicht ausgeschlossen, dass etliche Gesänge einstimmig notiert, aber mehrstimmig ausgeführt wurden – da seien durchaus



Im mittelalterlichen Notationssystem sind Takt und Tempo nicht vermerkt. Deshalb ist nicht bekannt, wie die Gesänge wirklich klangen.

Quelle: Graduale - Universitätsbibliothek Freiburg i. Br., Hs. 95, [[s. 1.], [1405-1417]]

<http://dl.ub.uni-freiburg.de/diglit/hs95>

Übergänge vorstellbar, sagt Häussler, der mit einer Arbeit über Mehrstimmigkeit im 11. Jahrhundert an der Albert-Ludwigs-Universität promoviert wurde.

## „Es sind Annäherungen“

Wenn man von den Musikhandschriften der Freiburger Kartause spricht, meint man vor allem jene, die für den liturgischen Gebrauch bestimmt waren, und klammert andere, die die Mönche zum Studieren in ihre Zellen mitnahmen, zunächst aus. Prächtige Handschriften sind nicht überliefert. Obgleich Häussler nicht in Abrede stellen mag, dass es solche Exemplare gegeben haben könnte, war die Ausführung der wie Bücher gebundenen Manuskripte im Allgemeinen eher bescheiden und wenig repräsentativ. Das könne, müsse aber nicht mit dem asketischen Charakter des Ordens zusammenhängen, sagt Häussler und verweist auf die Tatsache, dass es durchaus aufwendig gestaltete Initialen und bildlichen Schmuck in den Pergament-

handschriften gibt, etwa ein Bild des Saiteninstrumentes von König David – und dies, obwohl Instrumente in der Kartause nicht verwendet werden durften.

Aus heutiger Sicht paradox wirkt, dass die liturgischen Handschriften zwar eine feste Rolle im Alltag der klösterlichen Gemeinschaft spielten, dass aus ihnen selbst aber nicht gesungen wurde. Forscher gehen davon aus, dass die Gesänge auswendig gelernt und die Handschriften zur Vor- und Nachbereitung genutzt wurden, wofür vermutlich eigens bestimmte Mönche als eine Art „Wochenkantor“ ausgewählt wurden. Die Musik als solche gab dem Leben der Mönche den Takt vor: Manche Gesänge wurden täglich gesungen, andere jede Woche, wieder andere nur zu bestimmten Perioden wie der Fastenzeit. „Es ist mir auch darum gegangen, die Fremdheit der Lebensentwürfe und das mit ihnen verbundene faszinierende Ineinander von Musik und Körper hervorzuheben“, betont Häussler. So eingeschränkt die Musik wirke, so habe sie doch eine ganze Fülle religiösen Erlebens in sich aufgenommen und erfülle den Menschen als Ganzes.



**Dr. Stefan Häussler**  
studierte Violine und Musikwissenschaft, unter anderem bei Alexander van Wijnkoop, Antonio Pellegrini, Ilan Gronich, Göstan Neuwirth und Wulf Arlt. Er erlangte Abschlüsse an der Hochschule für Musik Basel/Schweiz, an der Hochschule der Künste in Berlin und an der Universität Freiburg. Seine Fachgebiete sind die Musik des Mittelalters und die Neue Musik. Er spielt im Freiburger Ensemble SurPlus als auch im Berliner Kairos Quartett, einem Streichquartett für Neue Musik. 2013 wurde er mit einer Arbeit über die Mehrstimmigkeit des 11. Jahrhunderts promoviert. Derzeit ist er an der Basler Hochschule für Musik und an der Universität Freiburg tätig.  
Foto: Patrick Seeger

### Zum Weiterlesen

Hogg, J. (Hrsg.) (1993): The Evolution of the Carthusian Statutes from the Consuetudines Guigonis to the Tertia Compilatio. Salzburg.

Filmtipp: Philip Gröning (2005): Die große Stille (Dokumentarfilm über das Leben im Mutterkloster der Kartäuser, der Grande Chartreuse, nördlich von Grenoble. Frankreich/Schweiz/Deutschland, 167 Minuten).

---

## Impressum

uni'wissen, das Forschungsmagazin  
der Universität Freiburg, erscheint zweimal jährlich.

### Herausgeber

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg,  
der Rektor, Prof. Dr. Hans-Jochen Schiewer

### Verantwortlich für den Inhalt

Nicolas Scherger  
Leiter Öffentlichkeitsarbeit und Beziehungsmanagement  
(kommissarisch)

### Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. Jürgen Bauhus, Forstwissenschaften  
Prof. Dr. Ralf von den Hoff, Archäologie  
Prof. Dr. Gunther Neuhaus, Prorektor für Forschung, Biologie  
Prof. Dr. Sabine Rospert, Medizin  
Prof. Dr. Margit Zacharias, Mikrosystemtechnik

### Redaktion

Annette Kollefrath-Persch (verantwortliche Redakteurin)  
Judith Burggrabe, Patrick Siegert

### Anschrift der Redaktion

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Albert-Ludwigs-Universität  
Fahnenbergplatz, 79085 Freiburg  
Telefon 0761/203-8909  
Fax 0761/203-4278  
E-Mail [uniwissen@pr.uni-freiburg.de](mailto:uniwissen@pr.uni-freiburg.de)

### Gestaltung, Layout

Jürgen Oschwald

### Auflage

8.000 Exemplare

### Foto Titelseite:

B2 WALD/Biosphere 2

### Druck und Herstellung

Hofmann Druck, Emmendingen

uni'wissen ist klimaneutral auf 100 Prozent Altpapier gedruckt.  
Das Papier ist mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ zertifiziert.

### Vertrieb

Stabsstelle Öffentlichkeitsarbeit und  
Beziehungsmanagement

ISSN 2194-8054

© Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung des Verlags oder der Redaktion wieder. Die Redaktion behält sich vor, eingesandte Artikel zu redigieren und zu kürzen.

uni'wissen erscheint online unter  
[www.wissen.uni-freiburg.de](http://www.wissen.uni-freiburg.de)

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit  
Albert-Ludwigs-Universität  
Fahnenbergplatz, 79098 Freiburg  
Telefon 0761/203-8909  
Fax 0761/203-4278  
E-Mail [uniwissen@pr.uni-freiburg.de](mailto:uniwissen@pr.uni-freiburg.de)  
[www.wissen.uni-freiburg.de](http://www.wissen.uni-freiburg.de)