

Notes



FIELD *Notes*
EIN WISSENSCHAFTS-MAGAZIN DER



R. Geigy-Stiftung

INHALT

- 3 Stabübergabe in der R. Geigy-Stiftung
- 7 Samuel Schlaefli: «One Health» mit neuem Gesundheitsverständnis gegen die nächste Pandemie
- 27 Gian Schachenmann: «Nature as it could be»
- 37 Ori Schipper: Erreger auf rätselhaftem Vormarsch
- 47 Samuel Schlaefli: Mit Netflix-Modell aus der Antibiotikakrise
- 61 Samuel Schlaefli: Antibiotika-Hub mit internationaler Ausstrahlung
- 67 Samuel Schlaefli: Die Krise der Antibiotikaresistenzen sollte zum gesellschaftspolitischen Thema werden
- 73 Martin Hicklin: George Church und die Wiedererfindung der Natur
- 83 Ludwik Fleck – Eine Frage des Denkstils
- 87 Geigy Award 2022
- 96 R. Geigy-Stiftung: Facts & Figures



Impressum

Konzept und Texte: Lukas Meier
 Gastbeiträge: Martin Hicklin (S. 73), Ori Schipper (S. 37), Samuel Schlaefli (S. 7, S. 47, S. 61, S. 67)
 Copy editing: Doris Tranter
 Bildnachweis: shutterstock, alamy, Gregorio Caruso, Lukas Meier, Joachim Pelikan, Gian Schachenmann,
 Samuel Schlaefli, Mitarbeitende Swiss TPH
 Gestaltung: aplus caruso gmbh, Basel
 Druck: Druckerei Krebs AG, Basel
 Copyright: R. Geigy-Stiftung 2022

Der Röhrenblick (und nicht nur der Blick aufs iPhone) ist das Markenzeichen des 21. Jahrhunderts. Je «professioneller» man zu Werk geht, desto enger wird das Gesichtsfeld. Wir sind Expertinnen und Experten für «bakterielle Injektionsapparate des Typs VI» oder der «Bedeutung des Berg- und Hüttenwesens im Königreich Sachsen». Wir erarbeiten Lösungen für den gesellschaftlichen Nano-Bereich und verlieren das Gefühl für grössere Zusammenhänge. In den letzten zwei Jahren dämmerte es vielen, dass sich die menschliche Gesundheit nur als komplexes Zusammenspiel zwischen Menschen, Tieren und der Umwelt begreifen lässt. Das Aufkommen neuer Viren und Bakterien ist eng verknüpft mit dem Abholzen der letzten Regenwälder und dem Verlust der Biodiversität, der zunehmenden Luftverschmutzung und unserer Sehnsucht nach Billigfleisch.

Die hier versammelten Beiträge der «Fieldnotes» plädieren für eine bessere Zusammenarbeit zwischen Human- und Veterinärmedizin im Kontext eines sozio-ökologischen Systems («One Health») oder beschreiben neue Wege aus der Antibiotikakrise. Durch den Überkonsum von Antibiotika und ihre exzessive Anwendung in der Medizin wie in der Tierzucht wurde die einstige Wunderwaffe immer stumpfer. Bereits 1945 warnte der Entdecker des Penicillins, Sir Alexander Fleming, vergebens vor einer breiten Anwendung des Wirkstoffes. Trotz dieser Gesundheitskrise mit Ansage fehlten der Pharmaindustrie bislang die ökonomischen Anreize, um in die Entwicklung neuer Antibiotika zu investieren. Mangelndes Wissen ist oft nicht das Problem. Sondern das auf der Erkenntnis fussende konsequente Handeln. Ganz ist der Verdacht Max Frischs wohl nicht von der Hand zu weisen, der 1985 etwas zerknirscht bemerkte: «Am Ende der Aufklärung steht das goldene Kalb.» (Hoffentlich antibiotikafrei ...)

Dr. Lukas Meier,
 Geschäftsführer R. Geigy-Stiftung
 Basel, im November 2022



STABÜBERGABE IN DER R. GEIGY-STIFTUNG

Nach 25 Jahren als Präsident der R. Geigy-Stiftung übergibt Marcel Tanner Ende Dezember 2022 das Amt an seinen Nachfolger Jürg Utzinger. Ein Gespräch mit dem ehemaligen und künftigen Stiftungspräsidenten über die Kunst, mit gezielt eingesetzten Mitteln grosse Wirkung zu entfalten.

Marcel Tanner war noch Doktorand am Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH), als er zum ersten Mal von der R. Geigy-Stiftung erfuhr. Es war Rudolf Geigy, der Gründer des Swiss TPH, der 1976 die Rudolf Geigy-Stiftung ins Leben rief. Ihr Ziel war es, jungen Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen des Swiss TPH Forschungsaufenthalte, sogenannte «Felderfahrung», in Übersee zu ermöglichen, wie auch umgekehrt die Förderung von Expertinnen und Experten aus einkommensschwachen Ländern in der Schweiz. «Mir ging auf, dass die Rudolf Geigy-Stiftung das einzige Gefäss war, das dem Swiss TPH strategische Mittel zur Verfügung stellen konnte, um gute Leute und Ideen voranzutreiben und Projekte anzuschieben», sagt Marcel Tanner.

Herr Tanner, 1997 übernahmen Sie als Direktor des Swiss TPH auch das Amt des Präsidenten der Rudolf Geigy-Stiftung. Was waren Ihre strategischen Ziele?

«Zunächst ging es darum, zusammen mit dem Vizepräsidenten Jean-Marc Joerin die drei vorhandenen Stiftungen des Swiss TPH (Stiftung Klinik Sonnenrain, Rudolf Geigy-Stiftung, Stiftung Sonnenrain) in einer einzigen Stiftung, der R. Geigy-Stiftung, zu vereinen. Ich wollte ein Gefäss schaffen, welches erlaubte, strategisch zugunsten des Swiss TPH zu investieren. In der Förderung war es uns wichtig, unsere Immobilien zu erhalten sowie eine Balance zwischen der Förderung von jungen Forschenden, innovativen Projekten und der Unterstützung forschungsrelevanter Technik und Infrastruktur zu schaffen.»

Könnten Sie hier ein konkretes Beispiel nennen?

«Die R. Geigy-Stiftung investierte in viele junge Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen und ihre Ideen und finanzierte Geräte wie beispielsweise die Nuklear Magnet Resonanz (NMR-)Spektroskopie am Swiss TPH. NMR erlaubte den Forschenden, metabolische Profile bei Infektionskrankheiten zu erstellen und die Wechselwirkungen zwischen Krankheitserreger und menschlichen Wirten besser zu erfassen. Dies war nicht nur ein wichtiger Schritt für die Forschung, sondern auch innerhalb der Stiftung,

um zu zeigen: Für gewisse Spitzenforschung braucht es die innovativsten Technologien.»

Heute sprechen alle von «Impact». Worin sehen Sie den Impact der R. Geigy-Stiftung?

«Da sind die zahlreichen von der R. Geigy-Stiftung geförderten Doktorandinnen und Doktoranden aus aller Welt sowie die innovativen Projekte zur Urbanisierung, zu neuen «One-Health»-Ansätzen, zu den weit verbreiteten Armutskrankheiten Malaria, Tuberkulose und HIV/AIDS und auch zu den vernachlässigten Tropenkrankheiten, wie *Buruli Ulcerans*, Bilharziose, afrikanische Schlafkrankheit oder die Tollwut. Hier konnte die Stiftung strategische Anschubfinanzierungen gewähren, um danach grosse Geldgeber wie die Bill & Melinda Gates Foundation (BMGF) oder den Wellcome Trust von der Relevanz und weiterer Unterstützung solcher Initiativen zu überzeugen.»

Werden Sie der Stiftung auch in Zukunft verbunden bleiben?

«An meinem Einsatz für die R. Geigy-Stiftung wird sich auch in Zukunft wenig ändern. Ich werde mich auch als Emeritus weiterhin mit Kopf, Herz und Hand für die Stiftung einsetzen; auch mit der Begeisterung, die ich nach wie vor verspüre.»

Herr Utzinger, Sie übernehmen ab 1. Januar 2023 das Amt des Stiftungspräsidenten. Welche Bedeutung hat die Stiftung für Sie persönlich und für die strategische Entwicklung des Swiss TPH?

«Ich freue mich riesig, ab Januar 2023 als Präsident die Geschicke der Stiftung zu leiten. Ich wurde bereits als Doktorand von der Stiftung gefördert. Damals erforschte ich die Verbreitung und die Möglichkeiten zur kosteneffizienten Kontrolle der Bilharziose an der Côte d'Ivoire. Die Bilharziose ist eine parasitäre Wurmerkrankung, die im südlichen Afrika mehr als 200 Millionen Menschen betrifft. Die R. Geigy-Stiftung hat sich in den letzten Jahrzehnten zu einem strategisch wichtigen Gefäss für das Swiss TPH entwickelt. Gerade junge Forschende konnten immer wieder von gezielten Anschubfinanzierungen profitieren und ihr grosses Potenzial entfalten.»

Welcher inhaltlichen Schwerpunkte muss sich die Stiftung in Zukunft annehmen?

«Grundlage der Arbeit der R. Geigy-Stiftung bildet der strategische Plan des Swiss TPH mit seinem wichtigen Prinzip der Wertschöpfungskette von der Innovation zur Validierung bis zur Umsetzung von wissenschaftlichen Resultaten. Weiterhin werden uns sicher die komplexen Interaktionen zwischen Infektionskrankheiten und chronischen Krankheiten beschäftigen. Mit der R. Geigy-Stiftung möchte ich aber auch

einen wichtigen Beitrag zu den 17 Zielen zur Nachhaltigen Entwicklung (UN Agenda 2030) und den zentralen Herausforderungen wie der Klimaveränderung oder dem Verlust der Biodiversität leisten.»

Worin sehen Sie die grössten künftigen Herausforderungen?

«Mit dem Verkauf der Liegenschaften der R. Geigy-Stiftung an der Socinstrasse in Basel ist ein wichtiges strategisches Standbein der Stiftung weggefallen. Hier müssten wir dafür sorgen, dass wir – nebst anderen Einkommensquellen – mittel- bis längerfristig wieder Immobilienbesitz bewirtschaften können.»

Und worin sehen Sie Ihre grössten Chancen?

«Als Dachstiftung hat die R. Geigy-Stiftung die Möglichkeit, zahlreiche Fonds zu errichten, um auch den Interessen potenzieller Spenderinnen und Spender entgegenzukommen. So konnten wir zum Beispiel letztes Jahr einen Stipendien-Fonds lancieren, um gezielt auch Studierende auf Master-Level zu unterstützen und auf diese Weise vielversprechende Forschende aus aller Welt ans Swiss TPH zu binden. Generell denke ich, dass die R. Geigy-Stiftung mit Sitz in Basel und der engen Beziehung zum Swiss TPH und seinem Gründer Rudolf Geigy einen ausgezeichneten Ruf genießt, den sie nicht zuletzt auch meinem Vorgänger Marcel Tanner verdankt.»



Mit strategischen Mitteln unterstützt die R. Geigy-Stiftung (RGS) das Schweizerische Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH) in seiner Absicht, einen Beitrag zu einer gesünderen Welt zu leisten. Und dies in enger Partnerschaft mit vernachlässigten Bevölkerungsgruppen vor Ort. Die RGS fördert innovative Forschungs- und Umsetzungsprojekte, investiert in moderne Technologien und in die Karriere junger Wissenschaftlerinnen. Dabei teilt sie den Grundsatz, dass man künftige gesellschaftliche Herausforderungen nur gemeinsam anpacken kann («Mutual learning for change»). Die Stiftung wurde seit 1997 von Marcel Tanner présidiert. Er übergibt das Amt ab 1. Januar 2023 an seinen Nachfolger und Direktor des Swiss TPH, Jürg Utzinger.

geigystiftung.ch

«ONE HEALTH»

MIT NEUEM GESUNDHEITSVERSTÄNDNIS GEGEN DIE NÄCHSTE PANDEMIE

Zerstörung von Biodiversität, Massentierhaltung und unregulierte Wildtiermärkte begünstigen Zoonosen, das Überspringen von Viren von Tieren auf den Menschen. Die Covid-19-Pandemie zeigt die Risiken solcher Zoonosen für die menschliche Gesundheit. Der «One Health»-Ansatz fordert eine holistische Perspektive auf Gesundheit und rückt die Verbindungen zwischen Umwelt, Mensch und Tieren in den Fokus. Dazu wird weltweit geforscht – auch am Swiss TPH in Basel.

Samuel Schläefli



Am «World Health Summit» in Berlin treffen sich jährlich die wichtigsten Vertreter und Vertreterinnen der globalen Gesundheits- und Entwicklungszusammenarbeit. Im Oktober 2021 waren WHO-Direktor Tedros Adhanom Ghebreyesus, UN-Präsident Antonio Guterres, UNICEF-Direktorin Henrietta Fore und der Virologe Christian Drosten von der Berliner Charité vor Ort. Zwei Themen prägten die Diskussionen am Gipfel: Wie gelingt es, zukünftige Pandemien wie Covid-19 zu verhindern – und welche Rolle spielt dabei eine «One Health»-Perspektive? Eine wachsende Gruppe von Public Health-Experten ist überzeugt, dass Gesundheit als ein Zusammenspiel zwischen Menschen, Tieren und der Umwelt betrachtet werden muss. Die jüngste Erfahrung der Covid-19-Pandemie hat sie gelehrt: Die einseitige Fokussierung auf den Menschen führt in die Sackgasse. Infolge der globalen Gesundheitskrise seit 2020 und als Reaktion auf die zunehmenden gesundheitlichen Konsequenzen der Klimakrise wurde das Konzept der «One Health» auch ausserhalb von Hochschulen und Entwicklungsorganisationen bekannt. Im Mai 2021 gründete die Weltgesundheitsorganisation (WHO) gar ein «One Health High Level Expert Panel» (OHHLEP), dem renommierte Epidemiologen, Virologinnen, Immunologen und Umweltwissenschaftlerinnen angehören. Gemeinsam sollen sie einen globalen Plan gegen den Ausbruch von weiteren Pandemien erarbeiten – unter einem «One Health»-Blickwinkel.

RIESIGES RESERVOIR AN INFEKTIONSKRANKHEITEN

Seit Jahren warnen Forschende vor Zoonosen, also vor Pathogenen, die aufgrund von Mutationen von Tieren auf den

Menschen überspringen können. Von rund 1400 bekannten Infektionskrankheiten haben 60 % einen tierischen Ursprung. Bei neueren, sich stark verbreitenden Infektionskrankheiten, wie HIV, Zika oder SARS, sind es sogar 75 %. Zoonotische Pathogene können unter anderem Viren, Bakterien und Pilze sein. Die meisten Pandemien, darunter die Spanische Grippe, HIV/Aids und Covid-19, gehen auf zoonotische Erreger zurück. Obschon die Herkunft des Virus SARS-CoV-2 bis heute nicht restlos geklärt ist, deuten viele Studien auf einen zoonotischen Ursprung hin. Der «Spillover», also der Übersprung vom Tier auf den Menschen ereignete sich wahrscheinlich Ende 2019 auf dem «Wuhan Huanan Seafood Wholesale Market», wo Wildtiere unter erbärmlichen Zuständen zum Verzehr verkauft wurden. Im Angebot waren Schleichkatzen, Marderhunde, Wildschweine und Siam-Krokodile. Teils auch Arten, die vom Aussterben bedroht waren, illegal gejagt oder gefangen.

Das steigende Risiko durch Zoonosen ist nicht neu: Die Umweltwissenschaftlerin Kate Jones zeigte bereits 2008 in einer Studie, dass die Anzahl zoonotischer Erreger seit den 1940er-Jahren stark zugenommen hat. In den 1980er-Jahren wurden beinahe fünfmal so viele registriert wie noch in den 1940er-Jahren. Allein zwischen 2011 und 2018 dokumentierte die WHO 1483 Epidemien in 172 Staaten, darunter SARS, Ebola, die Pest, Grippe, Zika und Gelbfieber – viele davon mit zoonotischem Ursprung. Der Weltbiodiversitätsrat (IPBES) schätzt, dass rund 1,7 Millionen Viren in Säugetieren und Vögeln vorkommen, die uns noch nicht bekannt sind. Davon haben zwischen 540 000 und 850 000 ein zoonotisches Potenzial und könnten auf den Menschen überspringen.

215 000 000

Seit einigen Jahren leben mehr Rinder als Menschen auf Brasiliens Staatsgebiet: Insgesamt sind es laut der nationalen Statistikbehörde ungefähr 215 Millionen Tiere, gegenüber 210 Millionen Menschen.

1 400 000 000 ₮

2016 exportierte Brasilien Rindfleisch im Gegenwert von 5,5 Milliarden Dollar (2015 5,9 Milliarden Dollar), insgesamt 1,4 Millionen t. 32 % davon wurden nach China exportiert. 10 % der Exporte gingen in die EU. Seit 2012 ist Brasilien weltweit führend im Export von Masthähnchen. Bei Geflügel kamen 502 805 t, also 56 % aller EU-Geflügelfleischimporte, im Einfuhrwert von 988,7 Millionen Euro, von dort.

6 500 000 000 \$

Vergangenes Jahr verkaufte Brasilien Rindfleisch im Wert von 6,5 Milliarden Dollar in die Welt. Rund drei Viertel des brasilianischen Rindfleischs werden im Inland konsumiert. Das verbleibende Viertel gelangt in die globale Lieferkette und macht Brasilien zum weltweit grössten Rindfleischexporteur. Die Hauptabsatzmärkte sind China, Hongkong, Ägypten, Chile, die Europäische Union, die Vereinigten Arabischen Emirate und Russland.

Auch die Gründe für die zunehmenden Zoonosen sind weitgehend bekannt: 2020 haben Expertinnen und Experten für das Umweltprogramm der UN (UNEP) die Ergebnisse von 167 Studien zur Herkunft von Zoonosen und den Ursachen von Pandemien zusammengetragen. Ihr Fazit: Die Waldrodung und der Verlust an Biodiversität gehören zu den wichtigsten Treibern von Zoonosen. Mit dem Verlust von tropischen Regenwäldern und der darin befindlichen Biodiversität geht der natürliche Verdünnungseffekt verloren, da der Reichtum an Tieren und Pflanzen als Puffer für Pathogene wirkt. In biodiversen Ökosystemen können sich Krankheitserreger nur langsam ausbreiten. Studien zeigen, dass diese Pufferkapazität in Ökosystemen sinkt, die durch den Menschen stark verändert wurden. So zum Beispiel bei Soja- und Palmöl-Monokulturen oder Waldrodungen für die Rinderzucht. Unter solchen Bedingungen können sich Wirte von zoonotischen Krankheiten stärker ausbreiten, was den Austausch von Pathogenen zwischen Wildtieren, Nutztieren und dem Menschen begünstigt. Das zeigt sich zum Beispiel beim Ebola-Virus, das seit den 90er-Jahren immer häufiger auftaucht. Die Ausbrüche betrafen meist Orte in Zentral- und Westafrika, wo grosse Waldrodungen stattgefunden hatten.

Hinzu kommt, dass der Mensch tiefer in zuvor unberührte Gebiete mit hoher Artenvielfalt vordringt. Zum Beispiel durch den Strassenbau für die Ausbeutung von Öl oder Kupfer in Regenwäldern. Dadurch kommt er zunehmend mit Wildtieren und ihren Viren in Kontakt. Fachleute nennen dieses Phänomen «Encroachment». Ein Beispiel dafür ist das Aufkommen des Nipah-Virus im Südosten Malaysias, in einem Ort namens Sungai Nipah. Findige Unternehmer hatten dort grosse Schweinezuchten unter freiem Himmel aufgebaut. Im Jahr 1997 verendeten die ersten Schweine an einer unbekannt Krankheit. Kurz darauf erkrankten Mitarbeitende in der Zucht an einer tödlichen Hirnhautentzündung. Später traf es auch Mitarbeitende eines Schlachthofs in Singapur, wo das Fleisch für den Export nach China vorbereitet wurde. Im vorwiegend muslimischen Malaysia wird praktisch kein Schwein gegessen.

Laboruntersuchungen zeigten bald: Es handelte sich um ein ansteckendes Virus, dessen natürliches Reservoir in fruchtfressenden Fledermäusen liegt. Solche wurden zuvor durch Brandrodungen für die Palmölproduktion aus ihren natürlichen Habitaten auf Borneo vertrieben. In den Fruchtbäumen



41 285 km²

Die Fläche der Schweiz umfasst 41 285 km².

111 000 km²

Allein im Jahr 2021 gingen weltweit rund 11,1 Millionen Hektar Tropenwald verloren.

450 000 km²

Die Schaffung von Weideflächen ist weiterhin eine Hauptursache der Regenwaldzerstörung im brasilianischen Amazonasgebiet. Dort wurden bereits 450 000 km² der gerodeten Flächen in Viehweiden umgewandelt, das sind 60% aller gerodeten Flächen. Und so standen im Jahr 2018 auf Brasiliens Weiden 214 Millionen Rinder. Brasilien ist damit der grösste Rindfleischproduzent der Welt.

5 300 000 km²

5,3 Millionen km² gross ist der Amazonas-Regenwald heute, 60% davon liegen in Brasilien. Brasilien hat den grössten Anteil am Amazonas und grössten Anteil an der Katastrophe. Denn Brasiliens Regierung und Präsident Jair Bolsonaro schaffen die Stimmung für die fortschreitende Zerstörung.

66 000 000 t

Mit 66 Millionen t pro Jahr ist Palmöl das meistproduzierte Pflanzenöl. Inzwischen dehnen sich die Palmölplantagen weltweit auf mehr als 27 Millionen Hektar Land aus. Auf einer Fläche so gross wie Neuseeland mussten die Regenwälder, Mensch und Tier bereits den «grünen Wüsten» weichen.

114 000 000 t

Weil die weltweite Nachfrage nach Soja steigt, hat sich in Brasilien die Produktion von Sojabohnen in den 15 Jahren zwischen 2002 und 2019 von 43 Millionen t auf 114 Millionen t fast verdreifacht. Im selben Zeitraum wurden 180 000 km² Regenwald im brasilianischen Teil Amerikas abgeholzt. Das meiste davon in den Soja-Bundesstaaten Mato Grosso, Para und Rondonia, nämlich 148 000 km². Insgesamt wurden im Jahr 2019 in Brasilien Sojabohnen auf einer Fläche von 359 000 km² angebaut. Dies entspricht annähernd der Fläche Deutschlands mit 357 000 km².

entlang der Schweinezucht suchten sie daraufhin nach Fressen. Durch Kot, Urin oder angefressene Früchte infizierten sich zuerst die Tiere und später die Menschen mit dem Nipah-Virus. Massentierhaltung begünstigt die Verbreitung, denn je grösser eine genetisch identische Population auf kleinstem Raum ist, desto stärker breiten sich Viren aus, mutieren und können auf den Menschen überspringen. Die Infektion verlief fast in der Hälfte der Fälle tödlich: Von 265 Infizierten starben 108. Seither ist das Virus an verschiedenen Orten in Südostasien wieder aufgetaucht und hat bis 2018 über 700 Menschen infiziert. Im August 2022 identifizierten Forschende in Ostchina ein neues zoonotisches Virus, das dem Nipah-Virus verwandt ist. Das Langya-Virus (LayV) führt zu Fieber, Husten und Müdigkeit, ist jedoch weniger ansteckend und nicht tödlich.

URSACHEN ANGEHEN ANSTATT SYMPTOMBEKÄMPFUNG

Jakob Zinsstag gehört zu einer Gruppe von Epidemiologen und Epidemiologinnen, die bereits lange vor der Covid-19-Pandemie vor Zoonosen warnten. Seit mehr als 20 Jahren unterstützt der Veterinärmediziner und Professor am Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH) Staaten in Asien und Afrika dabei, Epidemien unter Kontrolle zu bringen. Bereits 2005 warnte er im medizinischen Fachmagazin «The Lancet» vor einer Pandemie, deren Epizentrum auf Wildtiermärkten oder in der Massentierhaltung liegt. Die Forschung für neue Impfungen und antivirale Medikamente allein werde uns nicht vor künftigen Epidemien und Pandemien retten, argumentierte er. Anstatt nur Symptome zu bekämpfen, forderte er, die Ursachen ins Zentrum der Diskussion zu rücken.

Der mittlerweile viel zitierte Artikel erschien zwei Jahre nach dem SARS-Ausbruch in der chinesischen Provinz Guangdong. Das neuartige Coronavirus breitete sich in 26 Staaten in Asien, Europa, Nordamerika und Südamerika aus. Dessen Eindämmung kostete die Welt rund 40 Milliarden US-Dollar, 774 Menschen starben. Das natürliche Reservoir von SARS lag in Fledermäusen. Von dort sprang das Virus auf den Larvenroller über, eine Schleichkatzen-Art. Der entscheidende «Spill-over», der Übersprung auf den Menschen, fand mit grosser Wahrscheinlichkeit auf einem Wildtiermarkt statt, wo die Katzen zum Verzehr verkauft wurden. Zinsstag forderte, dass die tierischen Reservoirs für Krank-

heitererregter besser überwacht werden. «Die einseitige Fokussierung auf den Menschen führt bei der langfristigen Pandemiebekämpfung in die Sackgasse», sagt er heute. «Vielmehr müssen wir Gesundheit als ein Zusammenspiel zwischen Menschen, Tieren und Umwelt verstehen.» Covid-19 sei weder für ihn noch die meisten anderen Fachleute, die sich mit Zoonosen beschäftigen, überraschend gekommen.

PILOTPROJEKT IM TSCHAD

Jakob Zinsstag leitet am Swiss TPH die Forschungsgruppe «One Health». Er gehört international zu den Pionieren auf dem Gebiet und hat über 20 Jahre Erfahrung in der Implementierung von One Health-Projekten. Sein Interesse für eine Tier-Mensch-Umwelt-Medizin begann 1998 im zentralafrikanischen Tschad. Marcel Tanner, der damalige Leiter des Swiss TPH, beauftragte den gelernten Tierarzt mit einem Forschungsprojekt zur Verbesserung der Gesundheitsversorgung der tschadischen Nomaden. Zinsstag schrieb damals gerade an seiner Doktorarbeit. Für Nomaden sind Kamele, Rinder, Ziegen und Esel das wichtigste Kapital, entsprechend eng leben sie mit ihren Tieren zusammen. Das macht sie besonders anfällig für Zoonosen. Der Forscher erkannte bald, dass zwar viele Tiere gegen eine Reihe von Krankheiten geimpft waren, nicht aber die Nomaden. Kein einziges Kind war vollständig gegen Keuchhusten, Diphtherie oder Starrkrampf geimpft. Da Nomaden ständig in Bewegung sind und Wasser- und Futterquellen hinterherreisen, fallen sie durch die Maschen des nationalen Gesundheitssystems. Entsprechend hoch war die Kindersterblichkeit.

Im Tschad erinnerte sich Zinsstag an das Werk von Calvin Schwabe, einem amerikanischen Veterinärmediziner und Epidemiologen, der bereits in den 1960er-Jahren ein Zusammendenken von Veterinär- und Humanmedizin gefordert hatte, denn schliesslich basierten beide Disziplinen auf denselben wissenschaftlichen Grundlagen. Die Medizinhistorikerin Abigail Woods beschreibt im Buch «Animals and the Shaping of Modern Medicine: One Health and its Histories», dass mit der Gründung der ersten Veterinärerschule in Lyon im Jahr 1761 die Trennung von Human- und Veterinärmedizin erstmals institutionalisiert wurde – und damit auch das Denken in Silos. Die Humanmedizin galt fortan als Königsdisziplin, die Veterinäre hingegen als Zweitklassmediziner, denen immer etwas Stallgeruch anhaftete.



1000 T/P.A

Dass Quecksilber giftig ist, sich in der Nahrungskette anreichert und weltweit die Luft verschmutzt, ist hinlänglich bekannt. Dennoch wird es in Zehntausenden kleiner Goldminen vor allem in Lateinamerika, Asien und Afrika in einer Grössenordnung von insgesamt bis zu 1000 t pro Jahr vielfach ohne jegliche Schutzvorkehrungen verwendet.

12 000 KG → 0,004 KG

Da frei herumliegende oder leicht aus Gewässern auswaschbare Goldnuggets längst eingesammelt sind, müssen heute zur Gewinnung von 4 g Gold (durchschnittlicher Goldanteil in einem Ehering) bis zu 12 t Gestein abgebaut werden, aus denen 1 bis 4 t (Ø ca. 2,5 t) goldhaltiges Erz selektiert werden können, welches dann weiter zerkleinert wird und mithilfe von giftigen Chemikalien wie Cyaniden oder Quecksilber sowie gewaltigen Wassermassen die Gewinnung von insgesamt 4 g Gold ermöglicht. Bagger wühlen die Erde um und hinterlassen Mondlandschaften. Um nur 0,24 g Gold zu erhalten, entstehen 1000 kg Sondermüll und Abraum. Ein einzelner Goldring produziert demnach 20 t lebensgefährlichen Giftmüll.

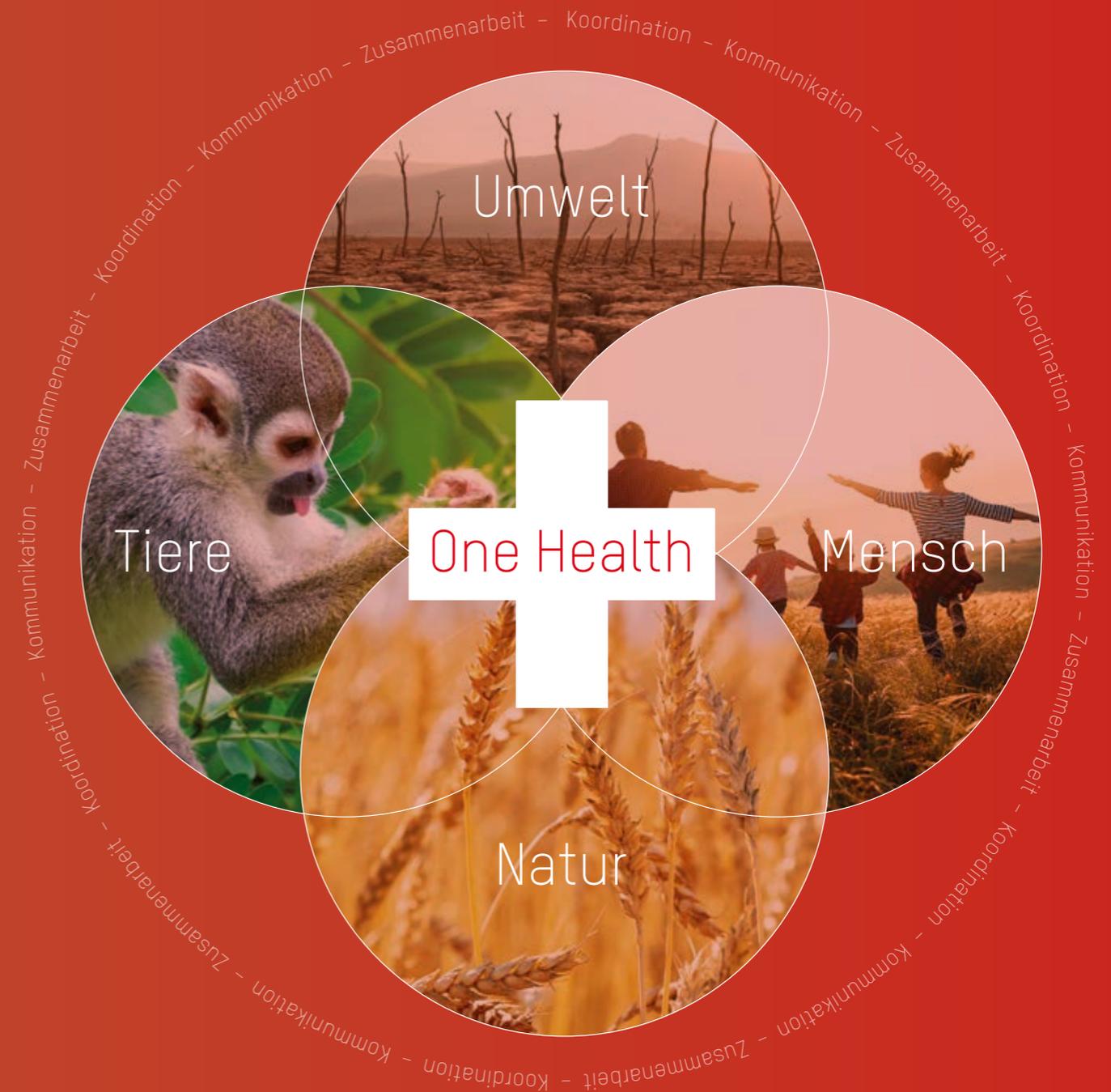
«ONE HEALTH» FÜR DIE SCHWEIZ

Seit 2017 gibt es in der Schweiz das «Unterorgan One Health», das laut Gründungsdokument explizit auf das Monitoring und die Eindämmung von Zoonosen und Vektoren von Infektionskrankheiten ausgerichtet ist. Alle zwei bis drei Monate tauschen sich Experten und Expertinnen aus verschiedenen Bundesämtern, Kantonen und dem Militär in gemeinsamen Sitzungen aus. Das Sekretariat wird vom Bundesamt für Lebensmittelsicherheit und Veterinärwesen (BLV) geführt.

Bislang wurde das Unterorgan nicht aktiv, und ein integriertes Zoonosemonitoring bei Tier und Mensch, wie in anderen Staaten, gibt es in der Schweiz nicht. Dies, obschon sich auch hier neue Herausforderungen am Horizont abzeichnen: «Fragen rund um Zoonosen und One Health werden auch bei uns wichtiger werden», sagt Barbara Wieland, seit Mai 2021 Leiterin des staatlichen «Instituts für Virologie und Immunologie» (IVI).

Die ursprüngliche Tierärztin hatte sechs Jahre als leitende Wissenschaftlerin am «International Livestock Research Institute» (ILRI) in Äthiopien geforscht, u. a. in «One Health»-Projekten. «Veränderungen von Öko- und Klimasystemen müssen stärker in die Gesundheitsplanung integriert werden», sagt sie. «Sie bestimmen zunehmend, wie sich Vektoren von zoonotischen Infektionskrankheiten, allen voran Mücken und Zecken, künftig in der Schweiz ausbreiten.»

Für die Eindämmung der Antibiotikaresistenzen gibt es seit 2015 die «Strategie Antibiotikaresistenzen Schweiz» (StAR), die sich explizit auf einen One Health-Ansatz beruft und für welche mehrere Bundesämter eng zusammenarbeiten. Für die Eindämmung von zoonotischen Viren sowie daraus hervorgehender Epidemien und Pandemien fehlt eine solche nationale Strategie bis heute.



75 %

Untersuchungen haben ergeben, dass fast 75 % der verschiedenen bekannten Zoonosen von Wildtieren stammen, beispielsweise durch den Konsum ihres Fleisches.

200

Es sind gegenwärtig etwa 200 Krankheiten bekannt, die sowohl bei einem Tier wie auch beim Menschen vorkommen und in beide Richtungen übertragen werden können. Die eigentlichen Erreger können dabei Prionen, Viren, Bakterien, Pilze, Protozoen, Helminthen oder Arthropoden sein.

17 000 000

Der Weltbiodiversitätsrat (IPBES) schätzt, dass rund 1,7 Millionen Viren in Säugetieren und Vögeln vorkommen, die uns noch nicht bekannt sind. Davon haben zwischen 540 000 und 850 000 ein zoonotisches Potenzial und könnten auf den Menschen überspringen.

2 700 000 000

Die internationale Organisation für Tiergesundheit (OIE) schätzt, dass 60 % aller beim Menschen existierenden Infektionskrankheiten Zoonosen sind, also Krankheiten, die von Tieren auf Menschen übertragen werden und umgekehrt. Sie verursachen etwa 2,5 Milliarden Krankheitsfälle bei Menschen – von der Malaria- bis zur Covid-19-Infektion – und 2,7 Millionen Todesfälle jedes Jahr.

Diese Institutionalisierung des Silodenkens ist auch aus naturwissenschaftlicher Perspektive erstaunlich. Das menschliche Genom ist zu 99 % identisch mit demjenigen von Menschenaffen und zu 95 % mit demjenigen von Schweinen. Ein Virus, das ein Schwein dahinfliegt, kann deshalb mit grosser Wahrscheinlichkeit auch beim Menschen Böses anrichten. «Wir müssen Public Health-Systeme anders denken», sagt Zinsstag. «Viren und andere Pathogene können sich zwischen Tieren und Menschen relativ einfach hin- und herbewegen. An diesen Schnittstellen müssen wir ansetzen.» Er ist überzeugt: Um Menschen gegen Zoonosen wie Tollwut, Ebola, MERS, die Vogelgrippe und SARS-CoV-2 zu schützen, muss man übers Tier gehen. Das heisst, dass zoonotische Erreger in Tieren, die als natürliche Reservoirs bekannt sind, besser überwacht werden. Und nicht nur Menschen, sondern auch Tiere gegen Infektionskrankheiten geimpft werden, am besten gleich gemeinsam.

Im Tschad hatte der Forscher mit dieser Strategie erstmals Erfolg: Sein Team brachte Humanmedizinerinnen mit Veterinären in einen Dialog. Wenn immer Letztere ins Feld gingen, um Tiere zu impfen, nahmen sie Gesundheitspersonal für die Impfung von Kindern mit. 2005 waren erstmals rund 10 % der Kinder zwischen ein und elf Monaten komplett gegen Diphtherie, Tetanus, Keuchhusten und Masern geimpft. Gleichzeitig stieg die Rate an Impfungen von 100 pro Tag bei Kindern und Frauen auf 130 an. Das rettete nicht nur Leben, sondern war auch ökonomisch sinnvoll: Indem die Ämter für Veterinär- und Humanmedizin nun eng kooperierten, konnten Transportkosten für Personal und Material sowie Kosten zum Kühlen der Impfdosen stark reduziert werden. Seither versucht der Epidemiologe Behörden weltweit davon zu überzeugen, dass mit einem integrierten Gesundheitssystem, das einen One Health-Ansatz verfolgt, viel Geld gespart werden könnte.

VON DER THEORIE IN DIE PRAXIS

Der Arzt und Klimaaktivist Eckart von Hirschhausen stellte auf dem zu Beginn des Artikels erwähnten Gesundheitsgipfel in Berlin fest: «One Health ist wie der Weltfrieden. Alle finden ihn gut, aber niemand weiss, wie man ihn erreicht.» Tatsächlich wissen bis heute noch die wenigsten Gesundheitsexpertinnen und -experten, wie sich die «eine Gesundheit» operationalisieren und in öffentlichen Gesundheitssystemen verankern lässt. Dabei gibt es mittlerweile

durchaus Best Practice-Beispiele: Das «Canadian Science Centre for Human and Animal Health» in Winnipeg betreibt Labors für hochansteckende Krankheiten (Biosicherheitsstufe 4) bei Tier und Mensch unter einem Dach. Es spart dadurch laut Schätzungen der Weltbank 26% der Betriebskosten gegenüber zwei geteilten Institutionen.

In der Emilia Romagna (Italien) ist seit 2013 ein Überwachungssystem für das Westnil-Virus in Betrieb, das auf der Beprobung bei Tieren und Menschen beruht. Das Virus, das über Mücken übertragen wird, hat sich in den vergangenen Jahren, begünstigt durch die globale Erhitzung, stark ausgebreitet und könnte bald auch in der Schweiz auftreten. Um mögliche Herde sofort einzudämmen, werden Mücken, Wildvögel, Pferde und Menschen dort regelmässig auf das Virus untersucht.

Zinsstags Forschungsgruppe am Swiss TPH arbeitet derzeit an mehreren One Health-Projekten. Im Tschad ist ein «Impfring» für Hunde um die Hauptstadt N'Djamena geplant. Indem an Checkpoints rund um die Stadt mitgeführte Hunde geimpft werden, soll die Tollwut ausgerottet werden, ebenfalls ein zoonotisches Virus, an dem laut WHO jährlich mindestens 59 000 Menschen weltweit sterben, vor allem in Afrika und Asien. «Das ist viel günstiger, als wenn wir die ganze Bevölkerung von N'Djamena impfen würden», erklärt der Epidemiologe. Bei kleinen öffentlichen Public Health-Budgets sind die Kosten zentral, um möglichst viele Menschenleben zu retten.

Im Osten Äthiopiens, in der Region Somali, baut Zinsstags Team gemeinsam mit der Schweizer Tierärztin und Swiss TPH-Mitarbeiterin Rea Tschopp (siehe Fieldnotes No. 4) und lokalen Partnern ein integriertes Überwachungs- und Reaktionssystem für zoonotische Krankheiten auf. Ein zentrales Element der «Jijigga One Health Initiative» (JOHI) ist, dass die beiden Spezialisten für zoonotische Krankheiten bei Tieren und Menschen gemeinsam in einem Büro sitzen. Sie tauschen sich fortlaufend darüber aus, welche Infektionskrankheiten bei Tieren eine Gefahr für den Menschen darstellen könnten. Kommt es zu ungewöhnlichen Krankheits- oder Todesfällen bei Tieren, werden diese beprobt und wenn nötig die Bevölkerung vor dem Kontakt mit den Tieren oder dem Verzehr von bestimmten tierischen Produkten gewarnt.



PRÄVENTION ZEHNTAUSEND MAL GÜNSTIGER

Im Jahr 2012 rief die Weltbank erstmals die Mitgliedstaaten dazu auf, verstärkt in eine systematische Kontrolle von Zoonosen zu investieren – in erster Linie aus ökonomischen Gründen. Allzu viel Gehör fand sie damit nicht. Heute werden weltweit pro Jahr rund 4 Milliarden US-Dollar für die Zoonose- und Pandemieprävention ausgegeben. Viel zu wenig, sagen Fachleute. Der Weltwährungsfonds prognostizierte die kumulativen Kosten der Covid-19-Pandemie bis 2025 auf 22 000 Milliarden US-Dollar (22 Billionen). Hinzu kommen die humanitären Folgen: Nach 20 Jahren der Armutsreduktion steigt die globale Armut seit Pandemiebeginn wieder signifikant an. Jakob Zinsstag fordert deshalb gemeinsam mit über 20 Public-Health-Experten und -Expertinnen in einem noch nicht publizierten Artikel ein funktionierendes globales Pandemiepräventionssystem basierend auf einem «One Health»-Ansatz. Die Autoren und Autorinnen rechnen darin vor, dass ein solches System in Hinblick auf die aktuellen Ausgaben zur Bekämpfung der Covid-19-Pandemie zehntausend Mal günstiger wäre.

Am Berliner Gesundheitsgipfel, wo sich WHO-Vertreter, Forscherinnen, Mitarbeitende von Entwicklungsagenturen und Politikerinnen zu Public Health-Themen austauschten, sparte Jakob Zinsstag nicht mit Kritik am Status Quo. Bei vielen Stiftungen und Organisationen, die jährlich Millionen in Public Health und Impfprogramme investierten, sei das Interesse an einer «One Health» noch immer marginal. Sein Vorschlag, nicht nur Kinder, sondern auch Tiere zu impfen, um die Kinder besser vor zoonotischen Infektionen zu schützen, sei bei internationalen Impfkampagnen bislang auf taube Ohren gestossen, erzählte er vor versammelter Prominenz. Die Verantwortlichen hätten ihm jeweils beschieden, dass dies nicht zur etablierten Strategie passe. «An solchen Aussagen sieht man, wo bis heute die echten Hürden für einen Paradigmenwechsel im Gesundheitssystem liegen», sagt der Basler Epidemiologe. 

KONSUMAUSWIRKUNG AUF REGENWALD, INDIGENE UND UMWELT



REGENWALD WIRD ZERSTÖRT FÜR



HOLZERNTÉ / RODUNG



190 MILLIONEN m³

Jedes Jahr werden weltweit 190 Millionen m³ Tropenholz produziert, 40 Millionen m³ gelangen in den Export.

300 MILLIONEN T EISENERZ

2007 wurden im Nordosten Brasiliens (Carajás) 300 Millionen t Eisenerz gefördert. In der Mine lagern ca. 7,2 Milliarden t Eisenerz sowie Gold, Mangan, Kupfer und Nickel. Weiterhin werden aus gefördertem Bauxit jährlich 360 000 t Aluminium hergestellt. Um eine Tonne Roheisen herzustellen, müssen 3,1 m³ Holzkohle verfeuert werden. Dazu werden die Holzvorräte Amazoniens verfeuert, weil das Holz günstiger ist als das Holz aus Plantagenwirtschaft.



PALMÖL-PLANTAGEN

MONOKULTUR
Einsatz von Pestiziden



SOJAFELDER

MONOKULTUR
Einsatz von Pestiziden



RINDERWEIDEN



ABBAU BODENSCHÄTZE



PALMÖL

77,05 MILLIONEN T

Während im Erntejahr 2002/03 27,76 Millionen t Palmöl hergestellt wurden, lag die Produktionsmenge im Jahr 2020/21 bereits bei 77,05 Millionen t.



SOJA

360 MILLIONEN T

In den letzten 60 Jahren wurde die Produktion von 27 Millionen t auf 360 Millionen t um mehr als das Zehnfache gesteigert.



FLEISCH

214 MILLIONEN RINDER

Im brasilianischen Amazonasgebiet wurden bereits 450 000 km² der gerodeten Flächen in Viehweiden umgewandelt, das sind 60 % aller gerodeten Flächen. Und so standen im Jahr 2018 auf Brasiliens Weiden 214 Millionen Rinder. Brasilien ist damit der grösste Rindfleischproduzent der Welt.



EISEN, GOLD, KUPFER, ETC.

50,7 MILLIONEN T

(72 %) Palmöl werden weltweit in der Billig-Lebensmittelbranche verarbeitet.

24,39 MILLIONEN T

fallen auf die Verarbeitung von Kosmetik (18 %) oder Biodiesel.

78 %

der Sojaernte wird als Tierfutter (Massentierhaltung) verwendet (32 % für Geflügel / 20 % für Schweine).

19 %

der Sojaernte ist für den menschlichen Verzehr gedacht.



MASSEN-TIERHALTUNG



ANTIBIOTIKA



RESISTENTE BAKTERIEN



VERKEHR



KLIMA



VERRINGERUNG BIODIVERSITÄT



ZOONOSEN / VIREN



WILDTIER-MARKT



BAKTERIEN

GESUNDHEITLICHE FOLGEN



GESUNDHEITLICHE FOLGEN

GESUNDHEITLICHE FOLGEN



BILLIGNAHRUNG - ERHÖHTES KONSUMVERHALTEN

BILLIGNAHRUNG - ERHÖHTES KONSUMVERHALTEN

FÜHRT ZU

BILLIGFLEISCH

FÜHRT ZU

ÜBERPRODUKTION



ABFALL

GÜLLE

METHAN

AMMONIAK

SAURER REGEN

STICKSTOFF IM GRUNDWASSER

BAKTERIEN AM MEERESGRUND

ABGASE

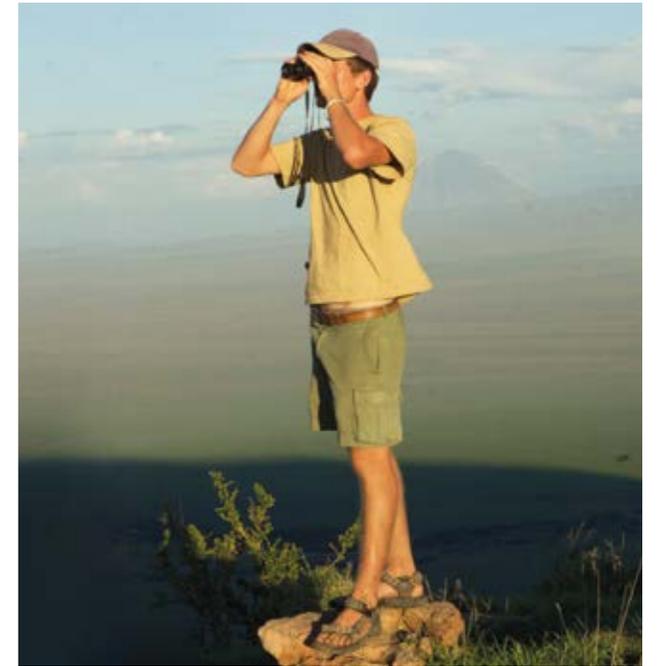
TRANSPORTE

TRANSPORTE

Inspiziert von: OroVerde, M. Linn - im Rahmen des Projekts «Keine Angst vor Komplexität» gefördert von der Stiftung Umwelt und Entwicklung NRW und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt

«NATURE AS IT COULD BE»

Photo series by Gian Schachenmann



Of Swiss origin, Gian Schachenmann is a Tanzanian citizen and he has lived there his whole life. He is one of the top cameramen/photographers in East Africa with a number of TV and Film credits to his name on National Geographic. Driven by a passion for adventure and exploration, Gian Schachenmann offers first-rate walking safaris to the Serengeti National Park and other unique natural habitats in Tanzania and beyond.







ERREGER AUF RÄTSELHAFTEM VORMARSCH

Eigentlich leben Legionellen im Wasser – ohne Schaden anzurichten. Doch die Bakterien können auch Menschen befallen und eine mitunter tödliche Lungenentzündung verursachen. In der Schweiz häufen sich die Fälle zusehends. Woran liegt das? Mit beharrlicher Detektivarbeit suchen Fabienne Fischer und Daniel Mäusezahl nach Antworten.

Ori Schipper



Die sogenannte Legionärskrankheit ist noch keine 50 Jahre alt. Sie wurde erstmals 1976 beschrieben, als an einem Treffen der US-Kriegsveteranenvereinigung American Legion in Philadelphia 182 Personen an einer lebensbedrohlichen Lungenentzündung erkrankten. 29 von ihnen starben. Ein gutes Jahr später veröffentlichten US-amerikanische Wissenschaftler im angesehenen *New England Journal of Medicine*, dass die Erreger bis anhin nicht klassifizierte Bakterien waren, die später nach den Kriegsveteranen Legionellen genannt wurden.

IM KÜHLWASSERSYSTEM DER KLIMAAANLAGE

Doch eigentlich sind Legionellen viel älter als die Krankheit: Die Bakterien leben schon seit Milliarden von Jahren in glitschigen Biofilmen, die sich überall bilden, wo Wasser fließt. Also nicht nur in Bächen oder Flüssen, sondern zum Beispiel auch im Kühlwassersystem der Klimaanlage des Hotels Bellevue-Stratford in Philadelphia, von wo die Bakterien in fein zerstäubten Wassertröpfchen aufbrachen – und in den Lungenschleimhäuten der befallenen Kriegsveteranen eine neue Heimat fanden.

Aber «Legionellen wurden in kleineren Fallstudien aus dem In- und Ausland auch in 20 bis 70 % der Haushalte nachgewiesen», sagt Daniel Mäusezahl, Forschungsgruppenleiter am Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH). Die Bakterien vermehren sich bei Wassertemperaturen zwischen 25° und 45° Celsius, bei Temperaturen von 60° Celsius und mehr sterben sie ab. «Wegen dieser Temperaturabhängigkeit spielen die Legionellen auch hierzulande bei aktuellen Diskussionen – etwa im Rahmen der Umsetzung der Energiestrategie 2050 – eine wichtige Rolle», sagt Mäusezahl.

Grundsätzlich können Legionellen zwei verschiedene Erkrankungen verursachen: das Pontiac-Fieber, das einer Grippe gleicht; und die Legionärskrankheit, bei der die Bakterien bis in die Lungen vorstossen – und dort eine Entzündung auslösen. Das kann vor allem bei älteren, gesundheitlich oft schon vorbelasteten Menschen kritisch werden, denn die Legionärskrankheit führt bei ungefähr 5 bis 10 % der Erkrankten zum Tod, obwohl es eigentlich Behandlungen gegen Legionellen gibt. «Allerdings sind nicht alle Antibiotika wirksam», sagt Fabienne Fischer, die in Mäusezahls Forschungsgruppe soeben ihr Doktorat abgeschlossen hat.

ERREGER NISTEN SICH IN MENSCHLICHEN ABWEHRZELLEN EIN

Denn aufgrund ihres ungewöhnlichen Lebenszyklus (siehe S. 42) sind Legionellen sogenannte intrazelluläre Erreger: Sie nisten sich in den menschlichen Abwehrzellen der Lunge ein – und müssen deshalb mit speziellen Wirkstoffen bekämpft werden. In den Behandlungsleitlinien sind solche Antibiotika aber nur zweite Wahl. Deshalb verschreiben fast die Hälfte der Hausärztinnen und Hausärzte sogenannte Beta-Lactame, die nichts gegen Legionellen ausrichten, wie Fischer und Mäusezahl kürzlich gezeigt haben.

Viele verschiedene Erreger können eine Lungenentzündung verursachen. Um herauszufinden, ob eine bestimmte Patientin oder ein bestimmter Patient an der Legionärskrankheit leidet, wird in den Spitälern unter anderem ein Urin-Antigen-Schnelltest durchgeführt. Doch bei Allgemein-medizinerinnen und -medizinern komme dieser Test nur selten zum Einsatz, sagt Fischer. «Dies entspricht den klinischen Leitlinien. Vielleicht würde es sich lohnen, diesen Test auch ausserhalb von Spitälern durchzuführen», meint sie. «Aber zuvor müsste man mit einer Kosten-Nutzen-Abwägung untersuchen, wie sinnvoll die Einführung des Legionellen-Schnelltests in der Hausarztpraxis wäre.»

In weiteren Arbeiten sind die beiden Forschenden schon seit mehreren Jahren der Verbreitung der Legionellen in der Schweiz auf der Spur. Die Legionärskrankheit ist hierzulande seit 1988 meldepflichtig. Wie Mäusezahl und sein Team aufgezeigt haben, sind die Fallzahlen in der Schweiz seit der Jahrtausendwende stetig gestiegen: Sie haben sich in den letzten 20 Jahren fast versiebenfacht. Die Schweiz ist nach Slowenien in Sachen Legionellen europaweit die Spitzenreiterin. Niemand weiss wieso.

567

Gemäss den Forschenden stiegen die Zahlen von 140 Fällen pro Jahr zu Beginn der 2000er-Jahre auf etwa 500 pro Jahr zwischen 2016 und 2020.

In der Schweiz haben sich die Fallzahlen pro Jahr in den letzten zehn Jahren mehr als verdoppelt. 2018 erreichten sie mit 567 Fällen einen Höchstwert; 2019 wurden 530 und 2020 435 Fälle gemeldet. Die Fallzahlen und Melderaten sind laut BAG regional sehr unterschiedlich. Im Jahr 2019 verzeichnete das Meldesystem Sentinella des Bundesamts für Gesundheit (BAG) 582 Legionellosefälle, davon 5 bis 10 % mit tödlichem Verlauf.

11

Legionelleninfektionen treten meist in Form von kleineren Epidemien auf, die von Orten mit grösseren Menschenansammlungen ausgehen, wie z. B. Hotels, Schwimmbäder oder auch Krankenhäuser. Es gibt mindestens 11 Legionellenarten, die dem Menschen schaden können. Von diesen löst *Legionella pneumophila* am häufigsten (80 %) Lungenentzündungen aus.

MEHR FÄLLE IM SOMMER ALS IM WINTER

Innerhalb der Schweiz haben die Forschenden die höchsten Infektionsraten im Tessin gefunden. Mit aufwendigen statistischen Analysen haben sie untersucht, wann sich die Fälle häufen. Die Daten lieferten zum Beispiel Hinweise, dass das Risiko für Legionellose mit zunehmender Luftverschmutzung steigt. «Doch der Zusammenhang ist unsicher – und sollte in weiteren Studien überprüft werden», sagt Fischer.

Einen deutlicheren Zusammenhang fanden die Forschenden beim Wetter. «Die Infektionen häufen sich, wenn es einige Tage lang warm und feucht ist», sagt Mäusezahl. Unter solchen Umständen könnten sich die Legionellen zuerst vermehren – und dann vom Regen aufgewirbelt werden, um schliesslich in feine Tröpfchen oder Aerosole zu gelangen. Doch dass die Legionärskrankheit eine starke Saisonalität aufweist und im Sommer viel mehr Leute befällt als im Winter, führen Fischer und Mäusezahl nicht nur auf das Wetter zurück. «Eine gute Epidemiologin denkt in viele Richtungen: Vielleicht ereignen sich im Sommer mehr Fälle, weil dann auch mehr Klimaanlagen in Betrieb sind», sagt Fischer.

Mäusezahl und Fischer denken, dass die gemeldeten Fälle von Legionellose nur die Spitze des Eisbergs darstellen. Eine Studie aus Deutschland hat zum Beispiel gezeigt, dass Legionellen knapp 4 % aller Lungenentzündungen mit unbekanntem Erregern verursachen – und dass die echten Fallzahlen also knapp zehn Mal höher sind als die gemeldeten. Auch in der Schweiz dürfte die Dunkelziffer ziemlich gross sein, denn Diagnostiktests kämen derzeit eigentlich nur in Spitälern zum Einsatz, geben Fischer und Mäusezahl zu bedenken.

NEUE GESAMTSCHWEIZERISCHE STUDIE KONZIPIERT

«Wir müssen besser verstehen, weshalb diese Krankheit in der Schweiz so verbreitet ist, wie sich die Legionellen in der natürlichen Umwelt verhalten – und über welche Mechanismen sie auf den Menschen übertragen werden», sagt Mäusezahl. Zu diesem Zweck hat er – in Zusammenarbeit mit Expertinnen und Experten vom nationalen Referenz-

LEBENSZYKLUS DER LEGIONELLEN

«Legionellen sind unglaublich faszinierende Pathogene», sagt Mäusezahl. Denn in der Natur lässt sich das Wachstum von Legionellen in zwei Phasen unterteilen. Zuerst beteiligen sie sich – im Verbund mit anderen Bakterien – am Aufbau eines artenreichen schleimigen Biofilms, wo sie hauptsächlich die Zeit überdauern, bis sie von einer Amöbe als vermeintliches Futter aufgenommen werden.

Doch dank eines Tricks entkommen einige Legionellen der Abbaumaschinerie der Amöben und richten sich – in der zweiten Phase ihres Zyklus – in der Wirtszelle häuslich ein. Im Inneren der Amöbe sind die Legionellen nicht nur vor Hitze und chemischen Giften geschützt. Sie finden auch alle organischen Substanzen vor, die sie zu ihrer Vermehrung brauchen. Die Vermehrungsphase endet, wenn die Wirtszelle platzt – und die vielen neuen Legionellen wieder im Biofilm eine Nische finden oder aus den Wasserleitungen ausgespült werden.

«Die Abwehrzellen in der Lunge, die sogenannten Makrophagen, sind in vielerlei Hinsicht mit den Amöben vergleichbar», sagt Mäusezahl. So bilden beide Zellarten kleine Fortsätze aus, mit denen sie Mikroben umschlingen – und in sich aufnehmen – können. Und offenbar funktioniert der Trick, den die Legionellen im Laufe der Evolution im Umgang mit Amöben erworben haben, auch bei den Makrophagen in der Lunge.

Mehr Informationen zu den Legionellen-Studien in der Schweiz:



www.swisstph.ch/en/projects/swisslegio



www.eawag.ch/de/abteilung/umik/projekte/leco

zentrum für Legionellen im Tessin, vom Institut für medizinische Mikrobiologie der Universität Zürich und vom Legionellen-Forschungskonsortium LeCo, das vom Wasserforschungsinstitut Eawag geleitet wird – eine grossangelegte Studie namens SwissLEGIO konzipiert.

«Bisher haben 20 verschiedene Universitäts- und Kantons-spitäler aus der ganzen Schweiz ihre Zusammenarbeit zugesichert», sagt Mäusezahl. In der soeben gestarteten Studie werden Patientinnen und Patienten mit einer neu diagnostizierten Legionärskrankheit befragt, wo sie sich in den Tagen vor der Infektion aufgehalten haben. Die Spitäler schicken Proben, aus denen die Erreger isoliert werden, um deren Erbgut zu sequenzieren. Gleichzeitig werden auch dort, wo sich die Patientinnen und Patienten vor der Infektion aufgehalten haben, Proben aus der Umwelt entnommen.

Die an SwissLEGIO beteiligten Forschenden erwarten, dass der direkte Vergleich der Erbgutsequenzen aus der Klinik und der Umwelt nicht nur hilft, das Vorkommen und die Virulenz verschiedener Legionellenstämme in der Schweiz in Erfahrung zu bringen, sondern dass die Studie auch dazu beiträgt, die tatsächlichen Infektionsquellen zu identifizieren. Dieses Wissen ist von grossem Wert, um den rätselhaften Vormarsch der Erreger hoffentlich schon bald stoppen zu können. 





MIT NETFLIX-MODELL AUS DER ANTIBIOTIKAKRISE

Jährlich sterben über eine Million Menschen direkt an den Folgen einer Infektion, die nicht mehr mit Antibiotika behandelt werden kann. Besonders betroffen von multi-resistenten Bakterien sind Menschen in Ländern mit tiefen Einkommen. Trotz dieser globalen Gesundheitskrise wird wenig in die Entwicklung neuer Antibiotika investiert. Bis heute fehlen die wirtschaftlichen Anreize dafür. Kann eine der grössten Errungenschaften der modernen Medizin noch gerettet werden?

Samuel Schlaefli

Marc Gitzinger hat sich schon immer für angewandte Forschung interessiert. Während seiner Doktorarbeit an der ETH Zürich hat er zu Tuberkulose geforscht. Viel «angewandter» geht es nicht: Jährlich erkranken laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) zehn Millionen Menschen an Tuberkulose (TB). Obschon verhinderbar und kurierbar, sterben jährlich 1,5 Millionen Menschen daran. Die WHO nennt TB «den Top-Killer unter den Infektionskrankheiten». Immer öfter ist das Bakterium, das beim Niesen oder Husten übertragen wird, resistent gegen gängige Antibiotika. Laut WHO treten jährlich fast eine halbe Million Fälle auf, bei welchen «Rifampicin», das effektivste Erstmedikament gegen TB, aufgrund von Resistenzen wirkungslos ist.

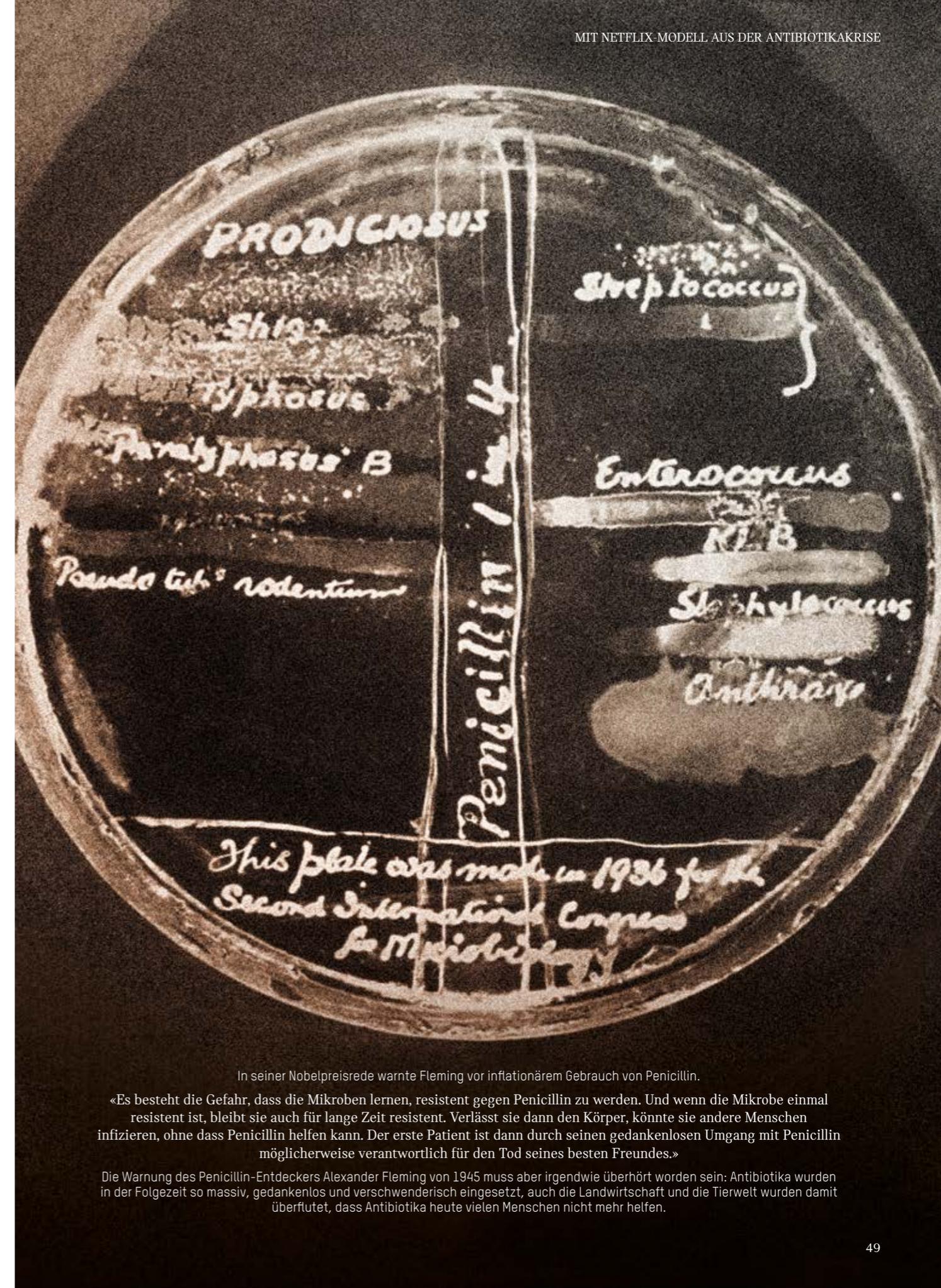
Nach Abschluss seiner Doktorarbeit gründete Marc Gitzinger 2010 das Unternehmen «Bioversys», das seit Beginn ausschliesslich auf die Entwicklung von «antimikrobiellen Therapien» setzt, vor allem in Form von neuen Antibiotika. Ein mutiger Schritt, denn während Gitzinger sein Unternehmen mit heute 21 Mitarbeitenden in Basel und Lille aufbaute, sind fast alle grossen Pharmaunternehmen aus der Entwicklung neuer Antibiotika ausgestiegen. Die britische Astra Zeneca stieg 2016 aus, Novartis beendete 2018 seine Antibiotikaforschung und entliess 140 Mitarbeitende in den USA. Die französische Sanofi folgte im gleichen Jahr. Und selbst die amerikanische «Eli Lilly and Company», welche jahrzehntelang Penicillin und erfolgreiche Folgeprodukte produziert hatte, verliess das Feld. 2020 investierten weltweit lediglich noch vier grosse Pharmaunternehmen in die Antibiotikaforschung. Damit einher ging ein grosser «Brain Drain». Gut ausgebildete Medizinerinnen und Chemiker mit viel Erfahrung in der Antibiotikaforschung wechselten in die Onkologie, wo deutlich höhere Gehälter und mehr Ansehen locken als in der darbenenden Antibiotikaentwicklung. Eine Reihe von Start-ups und kleinen Biotech-Unternehmen gaben trotzdem nicht auf. «Wir waren trotz der Krise in der Branche stets felsenfest überzeugt: Die medizinische Notwendigkeit unserer Produkte ist dermassen hoch, dass irgendwann auch die ökonomische Seite wieder stimmen wird», sagt Gitzinger.

NEUE ANTIBIOTIKA AUS DER BASLER PERIPHERIE

Der Hauptsitz von Bioversys liegt nicht weit vom Frachthafen an der Basler Stadtperipherie. Hier haben sich eine Reihe von kleinen und mittelgrossen Biotech-Unternehmen nie-

dergelassen sowie die Lonza, für die gerade ein zusätzliches Hochhaus gebaut wird. Im zweiten und dritten Stockwerk eines langgezogenen Multifunktionsgebäudes hat sich Bioversys Büros und Labore gemietet. Man teilt sich Pausenräume, Laborkühlschränke und Sitzungszimmer mit anderen hier ansässigen KMU. In den gekühlten Biobanken von Bioversys lagern klinische Proben mit multiresistenten Keimen aus dem Unispital Basel, mit dem man eng zusammenarbeitet. An diesen Proben testen die Mitarbeitenden neu entwickelte Wirkstoffe. Die Forschung mit Tuberkulose, die Labors der Sicherheitsstufe 3 erfordert, findet auf dem Campus des Institut Pasteur in Lille statt, wo fünf Mitarbeitende fest vor Ort sind.

Bioversys gilt mittlerweile auch international als «Top Shot» in der Antibiotikaentwicklung. Aktuell hat es vier Antibiotika in der Pipeline. Gemeinsam mit GlaxoSmithKline entwickelt es einen Wirkstoff gegen multiresistente Tuberkulose (BVL-GSK098, Phase 2). In einem Antivirulenz-Projekt wird ein komplett neuer Ansatz getestet. Durch ein neuartiges Molekül soll die Toxinproduktion des Bakteriums *Staphylococcus aureus* unterbunden werden (BV 200, präklinisch). Auch arbeitet Bioversys an einer neuen Wirkstoffklasse (BV 300, präklinisch), die das Potenzial für ein neues Breitbandantibiotikum hat. Ein solches wurde zum letzten Mal vor 40 Jahren eingeführt. Weiter wird bei Bioversys an einem Wirkstoff geforscht, der sehr spezifisch gegen das Gram-negative *Acinetobacter baumannii* (*A. baumannii*) wirkt (BV 100, Phase 2). Im Gegensatz zu den Gram-positiven Bakterien zeichnen sich die Gram-negativen durch eine äusserst robuste Zellmembran aus, welche sie vor Antibiotika schützt. *A. baumannii* ist ein Bodenbakterium, das im Irak vorkommt. Während des Irakkriegs wurde es durch verletzte amerikanische Soldaten in amerikanische Kliniken und von dort aus in die gesamte Welt getragen. Das Bakterium ist von Natur aus bereits extrem resistent. Selbst Carbapeneme, eine Weiterentwicklung des Penicillins, und oft die erste Wahl, wenn in der Klinik Resistenzen auftreten, sind wirkungslos. Dann greifen Fachleute zu Colistinen, die jedoch zu schweren Nierenschäden führen können. Hat *A. baumannii* erst einmal die Lunge befallen, so liegt die Sterblichkeitsrate bei 50%; selbst bei gesunden und jungen Menschen. Meist ist eine Blutvergiftung die Todesursache. *A. baumannii* gehört zu den ESKAPE-Pathogenen, einer Klasse von multiresistenten Bakterien, die mittlerweile oft in Kliniken anzutreffen sind. Auf der Prioritätenliste der WHO stehen sie ganz zuoberst.



In seiner Nobelpreisrede warnte Fleming vor inflationärem Gebrauch von Penicillin.

«Es besteht die Gefahr, dass die Mikroben lernen, resistent gegen Penicillin zu werden. Und wenn die Mikrobe einmal resistent ist, bleibt sie auch für lange Zeit resistent. Verlässt sie dann den Körper, könnte sie andere Menschen infizieren, ohne dass Penicillin helfen kann. Der erste Patient ist dann durch seinen gedankenlosen Umgang mit Penicillin möglicherweise verantwortlich für den Tod seines besten Freundes.»

Die Warnung des Penicillin-Entdeckers Alexander Fleming von 1945 muss aber irgendwie überhört worden sein: Antibiotika wurden in der Folgezeit so massiv, gedankenlos und verschwenderisch eingesetzt, auch die Landwirtschaft und die Tierwelt wurden damit überflutet, dass Antibiotika heute vielen Menschen nicht mehr helfen.

10 000 000

Jährlich erkranken laut Weltgesundheitsorganisation (WHO) zehn Millionen Menschen an Tuberkulose (TB).

1 500 000

Jährlich sterben 1,5 Millionen Menschen am zunehmend resistenten TB-Erreger.

Die meisten Antibiotika, die bei Bioversys entwickelt werden – sollten sie in einigen Jahren tatsächlich auf den Markt kommen –, werden niemals in einer Apotheke käuflich sein. Dafür sind sie viel zu wertvoll. Nur in spezialisierten Kliniken, wo Patienten in Todesgefahr behandelt werden und bei welchen kein gängiges Antibiotikum mehr gegen deren multiresistenten Keime wirkt, würden die Wirkstoffe eingesetzt. Man spricht von Reserve- oder «Last resort»-Antibiotika.

Der Bioversys CEO empfängt mich Mitte August in einem Sitzungszimmer am Basler Hauptsitz. Er entschuldigt sich dafür, dass er kurze Hosen trägt. «Bei dieser Hitze habe ich irgendwann aufgegeben», sagt er und lacht. Danach kommt er schnell zur Sache, wobei es ihm leichtfällt, das Gegenüber davon zu überzeugen, dass hier an Lösungen für eine der grössten Gefahren der Menschheit gearbeitet wird. «Die zunehmenden Antibiotikaresistenzen gefährden die medizinischen Fortschritte der letzten 100 Jahre», sagt Gitzinger. «Wirkungsvolle Antibiotika sind die Basis für routinemässige medizinische Eingriffe, wie Hüftgelenkoperationen oder Kaiserschnitte.» Bereits heute würden Menschen zwar erfolgreich gegen Leukämie behandelt, danach aber an einer einfachen Lungenentzündung sterben, weil die Antibiotika nicht mehr anschlagen. «In Italien wird mittlerweile alle paar Wochen ein lebensgefährlicher Ausbruch von Antibiotikaresistenzen in Spitälern gemeldet. Und in Griechenland sind 98% der Acinetobacter-Bakterien

in Kliniken gegen Carbapeneme resistent. Das heisst, sie haben bei einer Infektion etwa eine 50:50 Chance zu überleben.»

DIE «STILLE» PANDEMIE WIRD IMMER LAUTER

Gitzingers Alarmismus wird von den meisten Expertinnen und Experten geteilt. Die WHO spricht im Zusammenhang mit multiresistenten Erregern seit 2019 von einer «stillen Pandemie». Im Frühjahr 2022 veröffentlichte eine Gruppe von Forschenden in der medizinischen Fachzeitschrift «The Lancet» die umfassendste je veröffentlichte Analyse zu Antibiotikaresistenzen. 471 Millionen Krankheitsfälle in 204 Ländern wurden dafür ausgewertet. Das Ergebnis: 2019 starben 1,27 Millionen Menschen direkt an multiresistenten Keimen und bei weiteren 4,95 Millionen haben die Resistenzen zum Tod beigetragen, ohne dass sie die Hauptursache waren. Die WHO zählt multiresistente Keime heute zu den zehn grössten Gefahren für die Gesundheit der Menschheit. 2021 sagte die Leiterin der Antibiotikaabteilung der WHO, man solle aufhören von einer «stillen Pandemie» zu sprechen. Diese sei längst nicht mehr «still».

Dass es zu dieser globalen Gesundheitskrise kam, vor welcher Mikrobiologen, Infektiologinnen sowie UN- und WHO-Experten seit Jahren warnen, ist nicht die Schuld der

Bakterien, sondern menschlicher Leichtsinnigkeit. Die Bakterien tun lediglich, was sie seit Jahrtausenden tun: Sie mutieren, um sich einer neuen Umgebung anzupassen und ihr Überleben zu sichern. Das ist auch gut so, denn wir brauchen sie zum Überleben. Die einzelligen, prokaryotischen Organismen besiedeln praktisch die gesamte Umwelt, darunter auch die Haut und den Magen von Tieren und Menschen. Doch einige von ihnen, zum Beispiel *Staphylococcus aureus*, können im Fall einer offenen Wunde Infektionen verursachen. Sobald ein neues Antibiotikum gegen sie eingesetzt wird, beginnt der Mutationsprozess. Zum Beispiel bilden die Bakterien die Andockstelle an der Zellwand zurück, über welche Antibiotika bislang in die Bakterien eindringen. Oder sie entwickeln ein Protein, welches das Antibiotikum bindet und unschädlich macht. Treten solche multiresistenten Keime auf und wird ein Patient weiterhin mit Antibiotika behandelt, so werden die nicht resistenten Bakterien abgetötet, während die resistenten zu florieren beginnen. Falsch eingesetzte Antibiotika tragen somit dazu bei, dass sich Resistenzen weiter ausbreiten können. In Spitälern gelangen sie, zum Beispiel über unsauber gewaschene Hände, während Operationen von einer Person auf die andere (siehe auch Interview auf Seite 68 bis 69) – mit teils tödlichen Folgen.

Wir sind uns heute oft nicht mehr bewusst, welch unglaublicher medizinischer Durchbruch die Entdeckung des Penicillins von 1928 durch den schottischen Arzt Alexander

Fleming war. Seit das Antibiotikum in den 40er-Jahren weltweit verfügbar wurde, ging die Todesrate aufgrund von Infektionskrankheiten um 70% zurück. Doch bereits Fleming rief 1945 in seiner Nobelpreisrede dazu auf, verantwortungsvoll mit dieser Errungenschaft umzugehen. Ihm war bewusst, dass die Resistenzen von Bakterien zunehmen würden, je öfter Penicillin zum Einsatz käme. Laut dem «State of the World's Antibiotics Report» von 2021 stieg der Einsatz von Antibiotika beim Menschen allein zwischen 2000 und 2015 um 65%.

Ohne wirkungsvolle Gegenmassnahmen werde der gesamtweite Antibiotikakonsum (bei Menschen und Tieren) zwischen 2015 und 2030 um 200% ansteigen, prognostizieren die Autoren. Eine Lancet-Studie mit Patientendaten aus Europa für das Jahr 2000 zeigt, dass dort, wo am meisten Penicillin bei der ambulanten Behandlung eingesetzt wird, Resistenzen von Pneumokokken, die Nasennebenhöhlen-, Mittelohr- oder Lungenentzündungen hervorrufen können, am häufigsten vorkommen. Spitzenreiter sind Frankreich und Spanien. Oft werden Antibiotika auch in Fällen eingesetzt, wo sie gar keinen Nutzen bringen. Eine Studie aus den USA von 2013 kam zum Ergebnis, dass von 40 Millionen Patienten und Patientinnen, die aufgrund von Lungenproblemen mit Antibiotika behandelt wurden, mehr als die Hälfte (27 Millionen) keine Antibiotika benötigt hätten. Durch den grassierenden Überkonsum von Antibiotika wird diese medizinische Wunderwaffe immer stumpfer.

65%

Der Einsatz von Antibiotika beim Menschen stieg allein zwischen 2000 und 2015 um 65% an. Ohne Gegenmassnahmen werde der Antibiotikakonsum (Mensch und Tier) zwischen 2015 und 2030 um 200% ansteigen.

Laut dem «State of the World's Antibiotics Report» von 2021

27 000 000

Von 40 Millionen Patienten und Patientinnen, die aufgrund von Lungenproblemen mit Antibiotika behandelt wurden, hätten mehr als die Hälfte (27 Millionen) keine Antibiotika benötigt.

1 270 000

2019 starben 1,27 Millionen Menschen direkt an multi-resistenten Keimen und bei weiteren 4,95 Millionen haben die Resistenzen zum Tod beigetragen, ohne dass sie die Hauptursache waren.

83

Insgesamt wurden 83 multiresistente Keime identifiziert, darunter 53 *Escherichia coli*, 10 *Klebsiella spp.* und 20 weitere Gram-negative Bakterien, die ESBL produzieren.

shutterstock.com: 5th March 2021. Aurangabad, Maharashtra, India.

BILLIG, IN MASSEN PRODUZIERT UND FREI ZUGÄNGLICH

«Der zu häufige und falsche Einsatz von Antibiotika hat oft mit fehlenden Diagnostika zu tun», sagt Esther Künzli, stellvertretende Chefärztin des Zentrums für Tropen- und Reisemedizin am Swiss TPH. Ärzte und Ärztinnen wüssten oft nicht einmal, ob es sich um einen viralen oder bakteriellen Infekt handelt. Das ist entscheidend, da Antibiotika nur gegen Bakterien wirken. «Ohne Diagnostika ist die Behandlung mit Antibiotika ein Blindflug.» Das sei in ärmeren Ländern mit schlecht ausgebauten Gesundheitssystemen besonders augenfällig. «Irgendein Antibiotikum findet man praktisch überall auf der Welt; oft sind es sogar die einzig verfügbaren Medikamente», sagt Künzli. «Sie sind billig, frei käuflich und werden zum Beispiel auch in Asien in grossen Mengen produziert». Der Einsatz von Antibiotika, die von der WHO als kritisch für die menschliche Gesundheit eingestuft werden, stieg in Ländern mit tiefen und mittleren Einkommen zwischen 2000 und 2015 um 165% – und damit noch stärker als im globalen Durchschnitt (91%).

Die schockierende Lancet-Studie vom Frühjahr 2022 zeigte nicht nur das Ausmass der Krise, sondern auch die ungleiche geografische Betroffenheit. Die meisten Todesfälle verursachten Antibiotikaresistenzen in Subsahara-Afrika und in Südasien, mit 24, respektive 22 Todesfällen pro 100 000 Einwohnerinnen und Einwohnern. In Ländern mit hohem Einkommen lag dieser Wert lediglich bei 13. Die Gründe dafür sind vielfältig: Unter anderem begünstigt das feuchte und warme Klima entlang des tropischen Gürtels die Mutation und Bildung von Resistenzen. Aber auch sozioökonomische Faktoren befeuern die Krise. 2018 haben Forschende Weltbank-Daten aus 103 Staaten mit zwei Indizes für Antibiotikaresistenzen verglichen. Ihre Analyse zeigte, dass diese dort öfter auftreten, wo das BIP geringer, das Ausbildungsniveau tiefer, die Infrastruktur schlechter ist und weniger in die öffentliche Gesundheit investiert wird. Auch Korruption korreliert positiv mit dem Auftreten von Resistenzen. Die Schlussfolgerung der Autoren: Eine bessere Sanitär- und Abwasserinfrastruktur, vereinfachter Zugang zu sauberem Trinkwasser, strengere Regulierungen im Gesundheitssystem sowie mehr Investitionen der öffentlichen Hand in das Gesundheitssystem – all diese Massnahmen tragen zur Eindämmung der Krise bei. «Antibiotikaresistenzen sind vor allem ein Armutsproblem»,

sagt Künzli. «Jede Verbesserung der sanitären Bedingungen und Gesundheitssysteme ist ein direkter Beitrag gegen zusätzliche Resistenzen.»

Entscheidend sei zudem eine hohe Impfquote. Denn Virusinfekte, wie im Fall von Covid-19, aber auch Masern oder eine Grippe, könnten unter bestimmten Bedingungen bakterielle Superinfekte hervorrufen. «Heute wissen wir, dass nach einer durchgemachten Maserninfektion das Risiko für einen bakteriellen Infekt erhöht ist.» Und bestimmte Impfungen, zum Beispiel gegen *Haemophilus influenzae*, Meningokokken oder Pneumokokken, wirken direkt gegen Bakterien. Der Zusammenhang zwischen Impfquote und Ausbreitung von Antibiotikaresistenzen werde heute noch zu wenig thematisiert, sagt Künzli.

Künzli untersucht in ihrer Arbeit als Medizinerin am Swiss TPH regelmässig Reiserückkehrende auf Antibiotikaresistenzen. 2015 hat sie mit Laos-Reisenden eine Studie durchgeführt, im Rahmen welcher diese freiwillig während 22 Tagen Stuhlproben abgaben. Bei allen Teilnehmenden konnten während der Studienzeit Gram-negative Bakterien nachgewiesen werden, die ESBL produzieren, das sind Enzyme, durch welche die Wirkung gewisser Antibiotika unwirksam gemacht wird. Insgesamt wurden 83 multiresistente Keime identifiziert, darunter 53 *Escherichia coli*, 10 *Klebsiella spp.* und 20 weitere Gram-negative Bakterien, die ESBL produzieren. Die Studie zeigte, dass Reisende antibiotikaresistenten Keimen wesentlich stärker ausgesetzt sind als bisher gedacht. «Wie viele Rückkehrer tatsächlich eine Infektion entwickeln, wissen wir hingegen nicht.» Eine Studie aus Holland, mit Reisenden aus vielen unterschiedlichen Destinationen, hat gezeigt, dass besonders Reisende aus Süd- und Ostasien multiresistente Keime in die Heimat einschleppen.

Ein Grund dafür ist, dass die Antibiotikaproduktion in den vergangenen Jahren oftmals in Schwellen- und Entwicklungsländern ausgelagert wurde; insbesondere nach Indien – heute weltweiter Spitzenreiter beim Antibiotikakonsum. Aus Fabriken gelangen Antibiotika durch Abwasser und Abfälle in Flüsse und auf Felder und treiben dort die Bildung von Resistenzen weiter voran. Hinzu kommt die wachsende globale Nachfrage nach tierischen Eiweissen. Da Antibiotika dermassen günstig sind, werden sie in der Schweine-, Rinder- und Hühnerzucht oft als Wachstumsbeschleuniger eingesetzt. Viele Bauern setzten sie auch prophylaktisch

1 500 000 000 \$

Die Kosten für die Entwicklung eines Medikaments belaufen sich auf rund 1,5 Milliarden US-Dollar, während Branchenanalysten davon ausgehen, dass es einen Umsatz von rund 46 Millionen US-Dollar pro Jahr erzielen könnte.
<https://www.nature.com/articles/d41586-020-02884-3>

40 000 000 000 \$

Weltweit werden rund 40 Milliarden US-Dollar jährlich mit Antibiotika umgesetzt.

3 400 000 000 000 \$

Die Weltbank rechnet bis 2030 mit Einbussen der Weltwirtschaft aufgrund von Problemen mit multiresistenten Keimen von 3,4 Billionen US-Dollar.

1/17

Antibakterielle Unternehmen erhalten 17-mal weniger Geld als onkologische Unternehmen (2011 bis 2020).

Quelle: BIO Industry Analysis

für die Sicherung der Tiergesundheit ein, von der ihre Existenz abhängt. Von 41 durch die US-amerikanische «Food and Drug Administration» (FDA) zugelassenen Antibiotika für die Nahrungsmittelproduktion sind 31 auch für die menschliche Gesundheit relevant. Über engen Kontakt mit den Tieren, Fäkalien oder ungenügend gekochtes Fleisch können Resistenzen auf den Menschen übertragen werden. Studien auf Bauernhöfen haben gezeigt, dass Bauern und ihre Tiere oftmals die gleichen multiresistenten Keime tragen. Viele Fragen der Resistenzübertragung von Tieren auf Menschen sind noch nicht abschliessend geklärt. Für Künzli steht aber schon heute fest: «Für die Bekämpfung von Antibiotikaresistenzen brauchen wir einen One Health-Ansatz. Die Gesundheit von Tier, Mensch und Umwelt müssen viel stärker in Abhängigkeit voneinander betrachtet werden.» (Siehe auch Artikel zu «One Health» auf S. 9 bis 23).

NEUE ANTIBIOTIKA-PIPELINE AUFBAUEN

Die Bedrohung der Weltgesundheit durch multiresistente Keime ist nicht neu: Vor etwas mehr als 20 Jahren traten erste Berichte über den Methicilin-resistenten *Staphylococcus aureus* (MRSA) in US-amerikanischen Spitälern auf. Dieses Bakterium widerstand erstmals einer ganzen Klasse von Antibiotika, den Beta-Lactam-Antibiotika. Experten und Expertinnen waren alarmiert. 2015 veröffentlichte die Weltgesundheitsorganisation WHO einen «Global Action

Plan», mit sozialen, ökonomischen und medizinischen Leitlinien, anhand welchen Staaten gegen die weitere Verbreitung von multiresistenten Keimen vorgehen sollten. Ein Jahr später erschien der O'Neill-Report. Der ehemalige Goldman Sachs-Makroökonom Jim O'Neill hatte im Auftrag des damaligen britischen Premierministers David Cameron während 19 Monaten alles verfügbare Wissen zu den zunehmenden Resistenzen zusammengetragen und daraus Lösungsansätze entwickelt. O'Neill schätzte, dass bis 2050 jährlich zehn Millionen Menschen aufgrund multiresistenter Keime sterben könnten, mehr als heute an Krebs. Sowohl der WHO- als auch der O'Neill-Bericht forderten ein besseres «Stewardship», also einen reduzierten und bewussteren Einsatz von Antibiotika, und Massnahmen zur Reduktion von Infektionen, zum Beispiel durch besseren Zugang zu sauberem Wasser. Gleichzeitig riefen die Autoren und Autorinnen nach mehr Forschung und Entwicklung im Antibiotikasektor.

Ein Blick auf die Pipeline der Antibiotika-Neuentwicklungen zeigt das Problem: Im Dezember 2020 befanden sich laut Pew Trust weltweit 43 neue Antibiotika in Entwicklung, 15 waren in klinischen Studien der Phase 1, 13 in Phase 2 und 13 in Phase 3. Zwei betrafen neue Verabreichungsformen. 19 haben das Potenzial, Gram-negative ESKAPE-Pathogene zu behandeln, welche in der Klinik am meisten Probleme verursachen. Und nur ein Viertel der aktuellen Entwicklungen betrifft eine komplett neue Medikamentenklasse, die

resistente Keime über neue Wege bekämpft. Zum Vergleich: Mehr als 5 000 Krebsmedikamente befinden sich aktuell in der Entwicklung. Im O'Neill-Bericht ist festgehalten: Weltweit werden rund 40 Milliarden US-Dollar jährlich mit Antibiotika umgesetzt. Nur 4,7 Milliarden fallen auf neuere, patentierte Antibiotika – etwa so viel, wie ein einziges Top-Krebsmedikament umgesetzt. Alle anderen Umsätze betreffen ältere Generika. Mit neu entwickelten Antibiotika wird vergleichsweise sehr wenig Geld verdient.

Laut einer Schätzung von 2017 kostet die Entwicklung eines neuen Antibiotikums, rechnet man die Misserfolge mit ein, rund 1,5 Milliarden US-Dollar. Die durchschnittlichen jährlichen Einnahmen werden auf lediglich 46 Millionen pro Jahr geschätzt. Investorinnen und Investoren, die rechnen können, lassen die Finger von einem solchen Geschäft. Das ist auch der Grund, weshalb so viele Pharmafirmen aus der Antibiotikaforschung ausgestiegen sind – damit lässt sich schlicht kein Geld verdienen. Neue Antibiotika sind im Schnitt dreimal weniger profitabel als Krebsmedikamente und elfmal weniger als Medikamente gegen Muskelerkrankungen. «Für die Entwicklung eines neuen Antibiotikums dauert es im Durchschnitt 10 bis 15 Jahre», erklärt Marc Gitzinger von Bioversys. In seinem eigenen Unternehmen sind nach 12 Jahren Forschung und Entwicklung erst zwei Wirkstoffe in klinischen Studien der Phase 2. Es dauert noch Jahre, bis diese für den Markt zugelassen werden könnten. «Während dieser Zeit investiert man kontinuierlich Geld,

ohne einen einzigen Franken zu verdienen.» Was die Entwicklung dermassen teuer mache, seien die klinischen Studien, die für die Zulassung eines neuen Antibiotikums notwendig sind. Die Phase 2-Studien bei Bioversys zum Beispiel werden mit 50 Patienten durchgeführt. Jeder kostet das Unternehmen zwischen 100 000 bis 150 000 Franken. In Phase 3 werden es noch mehr sein. Bis zur Zulassung investiert ein Unternehmen somit mindestens 150 Millionen US-Dollar. Und am Ende kommt lediglich einer von zehn Wirkstoffkandidaten tatsächlich auf den Markt; die anderen schaffen es nicht durch die klinischen Studien.

Doch selbst bei einer erfolgreichen Markteinführung eines neuen Antibiotikums, das in Spitälern Leben rettet, ist der – ökonomische – Erfolg noch längst nicht garantiert. Denn wenn es wirkt, dann ist der Patient nach zwei Wochen wieder gesund. Wenn nicht, dann ist er tot. Die Therapiezeiten sind somit äusserst kurz. Ganz anders als bei chronischen Krankheiten, wie Diabetes oder Herz-Kreislauferkrankungen, kommt das Medikament nur kurz zum Einsatz, wird also selten verkauft. Genauso soll es besonders mit neuen, innovativen Antibiotika, die gegen die tödlichsten ESKAPE-Erreger wirken, auch sein. Sie sollen nur im äussersten Notfall eingesetzt werden. «Wir können von neuen Antibiotika keine grossen Volumen mehr produzieren, sondern müssen diese gezielt einsetzen für Patienten, die sie wirklich brauchen», sagt Gitzinger. Denn sonst gibt man den Bakterien wiederum eine Möglichkeit sich anzupassen. «Die

18

Allein in Basel gibt es inzwischen 18 universitäre Forschungsgruppen, die sich mit antimikrobiellen Resistenzen befassen, sowie Kooperationsprojekte wie den Nationalen Forschungsschwerpunkt NCCR AntiResist, der vom Schweizerischen Nationalfonds 17 Millionen Franken erhalten hat.

14

Seit 2014 wurden nur 14 neue Antibiotika von den europäischen und US-Behörden zugelassen. Davon gelten nur drei als «neuartig». Bei den übrigen handelt es sich um Derivate bestehender Antibiotika, von denen viele vor 30 Jahren entwickelt wurden.

95%

Rund 95 % der Produkte scheitern bereits in der klinischen Phase, und die Umsätze reichen in der Regel nicht aus, um die getätigten Investitionen zu amortisieren.

80%

80 % der neuen Antibiotikatherapien stammen von kleinen Unternehmen.

sehr kurze Behandlungsdauer, der sehr moderate, um nicht zu sagen viel zu tiefe Preis, und zusätzlich die Bestrebungen für einen möglichst seltenen Einsatz. All das führt unter dem Strich zu einem ökonomischen Marktversagen.»

FORDERUNG NACH MEHR ENGAGEMENT DER ÖFFENTLICHEN HAND

Folglich war eine der wichtigsten Erkenntnisse des O'Neill-Reports, dass der Markt allein das Problem der fehlenden Investitionen in die Antibiotikaentwicklung nicht beheben wird. Die Autorinnen und Autoren forderten, dass sich Staaten, internationale Organisationen und Stiftungen stärker engagieren, und schlugen vor, einen globalen Fonds zu schaffen, über den zwei Milliarden US-Dollar über fünf Jahre in die Antibiotikaforschung investiert werden. 2016 wurde mit Unterstützung der USA, Deutschland, dem Vereinigten Königreich und mehreren global agierenden Stiftungen die Initiative «CARB-X» gegründet. 500 Millionen US-Dollar stellen sie für frühe klinische Phasen an aussichtsreichen Antibiotika und Diagnostika zur Verfügung. Insgesamt 44 Projekte werden derzeit unterstützt, darunter auch Bioversys «BV300», der Wirkstoff mit dem Potenzial, zum neuen Breitband-Antibiotikum zu werden.

Ebenfalls 2016 wurde die «Global Antibiotics Research and Development Partnership» (GARDP) mit Sitz in Genf ge-

gründet. Sie wird von internationalen Stiftungen, Médecins Sans Frontières und mehreren Staaten finanziert, darunter auch die Schweiz. Ziel der Initiative ist es, dass bis 2025 fünf neue Antibiotika verfügbar sind. Gleichzeitig setzt GARDP einen Schwerpunkt auf deren globale Verfügbarkeit. Denn nur zehn der 25 neuen Antibiotika, die zwischen 1999 und 2014 auf den Markt kamen, wurden in mehr als zehn Ländern registriert. Das Problem ist immer dasselbe: Ohne Aussicht auf genügend hohe Profite entscheiden sich Pharmaunternehmen meist dagegen, neue Wirkstoffe in zusätzlichen Ländern zu registrieren.

Nach Jahren des Desinvestments und der Abstossung von Antibiotikasparten sind mittlerweile auch die Pharmakonzerne selbst wieder mit an Bord: Im April 2021 lancierte die «International Federation of Pharmaceutical Manufacturers & Associations» (IFPMA) gemeinsam mit der WHO den «AMR Action Fund». Einige der grössten Pharmafirmen, darunter Roche und Novartis, die Europäische Investmentbank, der Wellcome Trust und weitere philanthropische Stiftungen werden in den kommenden Jahren eine Milliarde US-Dollar in vielversprechende Biotech-Unternehmen investieren. «Wir investieren in Firmen, die uns vielversprechend scheinen, und erhalten dafür Aktien und teils auch Sitze im Vorstand», sagt Martin Heidecker, Chefinvestor des Fonds. Die Pharmabranche sei sich der enormen Herausforderungen durch multiresistente Keime längst bewusst und sei bereit, Verantwortung zu tragen, sagt er. Andere

sprechen von einer Art Abbitte für die Versäumnisse in der Vergangenheit. Zum neuerlichen Interesse an der Antibiotikaentwicklung dürfte auch die Erkenntnis beigetragen haben, dass durch multiresistente Bakterien zunehmend auch Erfolge von neu entwickelten Therapien gefährdet sind – und damit am Ende auch das Geschäftsmodell der Pharmakonzerne.

Seit der Lancierung des «AMR Action Fund» sind 130 Anfragen von Biotech-Unternehmen bei Heidecker eingegangen. «Wir haben uns seit dem Start jeden zweiten Tag eine Präsentation angeschaut.» Die Wahrscheinlichkeit, dass in ein Unternehmen investiert wird, liegt bei etwa 1:50. Aktuell unterstützt der Fonds zwei US-amerikanische Biotech-Unternehmen. «Venatorx», das eine optimierte Form von bestehenden Wirkstoffen durch sämtliche klinischen Phasen gebracht hat und das neue Antibiotikum aktuell für die Zulassung registriert. Und «Adaptive Phage Therapeutics», das mithilfe des Fonds einen Wirkmechanismus in der ersten klinischen Phase testen wird. Das Unternehmen setzt auf eine der aktuell aussichtsreichsten nicht-traditionellen Wirkmechanismen: Phagen, also «gutmütige» Viren, welche Bakterien unschädlich machen. Das Unternehmen baut derzeit eine Virensammlung auf, anhand welcher für Patienten mit chronischen Antibiotikaresistenzen genau diejenigen Phagen isoliert werden können, die gegen den entsprechenden Erreger helfen. «Wir wollen altbekannte Wirkmechanismen verbessern, aber auch komplett neue, innovative Ideen vor-

anbringen», sagt Heidecker. Er ist überzeugt, dass beide Unternehmen ohne Unterstützung des Fonds Schwierigkeiten hätten, Gelder für die Weiterentwicklung ihrer Projekte zu finden. Ziel des Fonds sei es, noch in diesem Jahrzehnt zwei bis vier neue Antibiotika gegen multiresistente Bakterien auf den Markt zu bringen.

MEHR BEZAHLEN FÜR WENIGER BEHANDLUNGEN

Aufgeschreckt durch den O'Neill-Report und den WHO Action Plan, kamen in den vergangenen Jahren auch auf politischer Ebene die Hebel wieder in Gang. Staaten sind die grössten Abnehmer von Antibiotika und haben dadurch weitreichende Möglichkeiten für die Preisgestaltung. Viele haben mittlerweile verstanden, dass es neue Vergütungsmodelle braucht, um der fortschreitenden Krise etwas entgegenzusetzen. Grossbritannien testet derzeit einen Ansatz, der unter der Bezeichnung «Netflix-Modell» populär wurde. Anstelle Antibiotika pro Dosis zu vergüten – was Anreize für den häufigen Einsatz schafft –, soll lediglich für den Zugang zu neuen Antibiotika, ähnlich wie bei Netflix zu neuen Filmen, bezahlt werden. Der Preis und Gewinn wird damit vom Verkaufsvolumen entkoppelt. Im Juni 2020 hat die britische Regierung verkündet, dass sie mit zwei Pharmakonzernen entsprechende Verträge für die Entwicklung neuer Antibiotika abschliessen werde. In den USA wird der «Pasteur Act», ein Gesetz für die Schaffung eines nationalen



Fonds für die verkaufsunabhängige Vergütung, derzeit im Parlament diskutiert. Je nach öffentlich-medizinischem Nutzen würden dann Pharmaunternehmen 750 Millionen bis 3 Milliarden US-Dollar für erfolgreich zugelassene Antibiotika über einen Zeitraum von zehn Jahren erhalten – unabhängig von der tatsächlichen Verkaufsmenge. Schweden, ein Land, das historisch eher tiefe Zahlen an Antibiotikaresistenzen aufwies, bezahlt heute mehreren Generikaherstellern unabhängig des tatsächlichen Verbrauchs einen Mindestbetrag. Dies, nachdem die Nachfrage zu Beginn der Coronapandemie stark anstieg und die Regierung merkte, dass sie keinen Zugang mehr zu lebensrettenden Antibiotika hat.

Laut Marc Gitzinger wäre ein garantierter Umsatz von drei bis vier Milliarden US-Dollar nötig, damit sich die Antibiotikaentwicklung für Unternehmen wieder lohnen würde. Das hätten mittlerweile mehrere Studien gezeigt. «Das würde bedeuten, dass Unternehmen, die erfolgreich ein neues Antibiotikum auf den Markt bringen, während zehn Jahren eine Prämie von 350 Millionen erhalten – komplett unabhängig von den Verkäufen.» Was sich zu Beginn nach sehr viel Geld anhöre, würde in den Gesundheitsbudgets der Staaten mit drei bis fünf Franken pro Einwohnerin pro Jahr zu Buche schlagen, rechnet Gitzinger vor. «Ich denke, das ist angemessen dafür, dass wir in den nächsten Jahrzehnten wieder wirkungsvolle Antibiotika zur Verfügung haben.» Hinzu kommt, dass neue Antibiotika potenziell auch Kosten verhin-

dern können, die durch Komplikationen, lange Aufenthalte in Notfallstationen, falsche Behandlung und Langzeitschäden durch Infektionen entstehen. Die Weltbank rechnet bis 2030 mit Einbussen der Weltwirtschaft aufgrund von Problemen mit multiresistenten Keimen von 3,4 Billionen US-Dollar.

Wer für die «Abogebühren» bezahlen soll, ist für Gitzinger ebenfalls klar: «Die Verantwortung liegt in erster Linie bei den G20 sowie anderen reichen Staaten, die sich das leisten können. Darunter auch die Schweiz.» Von der Schweizer Regierung ist Gitzinger bislang jedoch enttäuscht. Zwar gebe es durchaus Parlamentarier und Parlamentarierinnen, die gut informiert seien und Motionen für mehr Investitionen in die Antibiotikaforschung eingereicht hätten. Doch der Bundesrat habe bislang alle abgeschmettert. Im Vergleich zu anderen Staaten befinde sich die hiesige Politik derzeit noch im Tiefschlaf. «Wir haben in der Schweiz, und insbesondere in Basel, wahrscheinlich die höchste Dichte an Antibiotikaforschung weltweit», sagt Gitzinger. «Umso weniger verstehe ich, weshalb nicht auch die Schweizer Politik in diesem Sektor eine globale Vorreiterrolle einnimmt.»

ENTDECKTE / PATENTIERTE ANTIBIOTIKAKLASSEN

Chronologie



Seit den 1980er-Jahren ist keine neue Klasse von Antibiotika bekannt geworden. Zu diesem Mangel an neuen Arzneimitteln kommt hinzu, dass einige bestehende Antibiotika von den Arzneimittelherstellern nicht mehr auf breiter Basis vermarktet werden. Zahlreiche grosse Unternehmen haben in den letzten Jahren ihren Rückzug aus der Erforschung und Entwicklung antimikrobieller Mittel angekündigt.

Europäischer Rechnungshof auf der Grundlage des Berichts «A sustained and robust pipeline of new antibacterial drugs and therapies is critical to preserve public health», Pew Charitable Trusts, Mai 2016.

ANTIBIOTIKA-HUB MIT INTERNATIONALER AUSSTRAHLUNG

In Basel ist in den letzten Jahren ein aussergewöhnlicher Nährboden für die Antibiotikaforschung und -entwicklung entstanden. Dazu trägt auch das Nationale Schwerpunktprogramm «NCCR AntiResist» bei.

Samuel Schlaefli



Marc Gitzinger
Chief Executive Officer und Mitbegründer
von Bioversys.



Dr. med. Esther Künzli, MD, PD
Einheits-Leiterin, Swiss TPH



Christoph Dehio
Professor für molekulare Mikrobiologie,
Biozentrum, Universität Basel



Martin Heidecker
Chief Investment Officer, AMR Action Fund

Anfang Februar kündete der «AMR Action Fund» an, dass er sein Europabüro im Messeturm in Basel einrichten wird. Der in Boston gegründete Fonds will in den nächsten Jahren eine Milliarde US-Dollar in die Entwicklung neuer Antibiotika investieren. «Wir haben uns hier sehr willkommen gefühlt», sagt Martin Heidecker, Chief-Investor des Fonds. Zum Entscheid für Basel habe beigetragen, dass mit Roche und Novartis zwei der wichtigen Unterstützer des Fonds ihren Hauptsitz in der Stadt hätten sowie der Zugang zu Talenten einfach sei. Die Standortwahl zeigt, dass Basel mittlerweile auch international als wichtiges Zentrum im Bereich der Antibiotikaforschung und -entwicklung anerkannt wird.

NATIONALES SCHWERPUNKTPROGRAMM GEGEN MULTIRESISTENTE BAKTERIEN

«Für die Antibiotikaforschung bietet der Grossraum Basel ein einzigartiges Umfeld – vergleichbare Bedingungen finden sich weltweit wohl nur noch in der Region Boston», sagt Christoph Dehio, Professor für molekulare Mikrobiologie am Biozentrum der Universität Basel. Das liege nicht nur am Standort der beiden Pharmariesen, sondern auch an demjenigen einer Reihe von kleineren Basler Biotech-Unternehmen, die sich international einen Namen in der Antibiotikaentwicklung gemacht haben. Darunter «Bioversys», das sich vor zwölf Jahren komplett auf Antibiotika spezialisiert

hat und «Polyphor», das kürzlich mit dem US-Unternehmen «EnBiotix Inc.» zu «Spexis» fusionierte. «Basilea» und «Selmod» sind weitere Unternehmen mit einem starken Fokus auf Antibiotika.

Auch die Grundlagenforschung zu Strategien gegen multi-resistente Keime wurde stark ausgebaut. 2020 nahm das Nationale Schwerpunktprogramm «NCCR AntiResist» seinen Betrieb auf, dessen Lead an der Universität Basel liegt und durch den Schweizerischen Nationalfonds finanziert wird. Über 100 Forschende in 29 Arbeitsgruppen sind in das Programm eingebunden, darunter Forschende des Universitätsspitals Basel, der ETH Zürich, der EPFL, der Universität und des Universitätsspitals Zürich, der Universität Lausanne sowie der Ben-Gurion Universität in Israel. Das Herz des «NCCR AntiResist» liegt auf dem neuen Life Science-Campus Schellenmätteli inmitten der Stadt, wo das Biozentrum und bald auch das Departement Biomedizin der Universität Basel sowie das «Department of Biosystems Science and Engineering» der ETH Zürich in unmittelbarer Nähe des Universitätsspitals angesiedelt sind. «Diese Nähe ist entscheidend für eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit über institutionelle Grenzen hinweg», sagt Dehio, der auch als Direktor des Programms amtiert. Während 12 Jahren werden die Forschenden neue Wirkmechanismen zur Bekämpfung von vier problematischen Keimen entwickeln. Drei stehen zuoberst auf der WHO-Liste multi-resistenter Erreger, die global das grösste Risiko für die

Weltgesundheit darstellen. Der vierte Erreger, das zoonotische Bakterium *Brucella melitensis*, betrifft vor allem Menschen in Staaten mit tiefen Einkommen. «Wir haben seit mehr als drei Jahrzehnten keine echten Durchbrüche mehr in der Antibiotikaentwicklung erzielt», sagt Dehio. «Ein wichtiger Grund dafür liegt in den künstlichen Bedingungen, unter welchen neue Wirkstoffe traditionell getestet werden». Das Programm verfolgt deshalb einen patientenbasierten Forschungsansatz, der die Entwicklung neuartiger Strategien gegen Infektionen ermöglichen soll. Neben konventionellen Wirkstoffen, wie den kleinen Molekülen, liegt der Fokus auch auf nicht-konventionellen Therapieansätzen, wie Anti-Virulenz-Strategien oder Therapien mit Phagen (gesundheitsfördernden Viren).

FONDS FÜR ÜBERBRÜCKUNG DES «TAL DES TODES»

Christoph Dehio gehört auch zu den Initiatoren von «Incate», dem Inkubator für antibakterielle Therapien in Europa, der ebenfalls an der Universität Basel angesiedelt ist. «In Europa gibt es kaum Förderinstrumente für die frühen Phasen in der Antibiotikaentwicklung», erklärt der Professor. «Zwischen akademischer Grundlagenforschung und der frühen Entwicklung im privaten Sektor klafft ein Tal des Todes.» Er begrüsst es, dass die Antibiotikaentwicklung derzeit medial und politisch wieder stärker in den Fokus rückt und neue ökonomische Anreize für die Antibiotikaentwick-

lung in greifbare Nähe rücken. «Doch wenn wir jetzt nicht entschlossen in innovative Forschung investieren, um die Antibiotika-Entwicklungspipeline wieder zu füllen, werden wir es kaum schaffen, in den nächsten Jahren die dringend benötigten neuen Wirkstoffe zur Marktreife zu entwickeln». Die Gelder des Inkubators stammen von den Industriepartnern Roche, Boehringer Ingelheim, Shionogi und MSD. Startups aus Europa können sich für eine Unterstützung der ersten Stufe (10 000 Franken) und der zweiten Stufe (250 000 Franken) bewerben. In der Folge werden die Unternehmen durch Experten und Expertinnen aus dem Inca-Netzwerk, das von der R. Geigy-Stiftung initiiert wurde, betreut. «Wichtig ist vor allem der Aufbau eines Ökosystems

von innovativen Antibiotika-Start-ups, die sich untereinander austauschen.» Dehio ist zufrieden mit den vielen Anträgen, die bislang an den Fonds gestellt wurden. Aktuell werden 12 Start-ups unterstützt.

Martin Heidecker vom «AMR Action Fund» wird bald selbst von Boston nach Basel ziehen, um im Messeturm ein Team mit sechs Mitarbeitenden aufzubauen. Bis Ende Jahr sei das erste Investment in Europa geplant, erzählt er. Näheres will er noch nicht verraten; nur so viel: «Es spricht derzeit viel dafür, dass die Wahl auf ein Unternehmen in der Schweiz fallen wird.»



Eine Stiftung für das Patientenwohl



Die Stiftung «propatient» wurde 2015 auf Initiative von Ärztinnen und Ärzten des Universitätsspitals Basel gegründet, um patientennahe und interdisziplinäre medizinische Forschung an der Klinik zu fördern. Seit ihrer Gründung wurden 22 Forschungsprojekte mit zwischen 20 000 und 238 000 Franken gefördert. Der Stiftungsrat wählt dafür die vielversprechendsten Projekte aus, wobei er durch einen wissenschaftlichen Beirat unterstützt wird. Marcel Tanner, Direktor emeritus des Swiss TPH übernahm 2018 das Präsidium der Stiftung. Thematisch gibt es keine Schwerpunkte. «Wir orientieren uns vor allem am Nutzen für die Patienten und Patientinnen und an der wissenschaftlichen Exzellenz», sagt Caroline Roggo, Geschäftsführerin von «propatient».

Aktuell wird auch ein Projekt gegen Antibiotikaresistenzen gefördert. Jens Eckstein, Leitender Arzt Innere

Medizin und Leiter Innovationsmanagement, entwickelt gemeinsam mit Kollegen und Kolleginnen der Klinischen Chemie eine Methode zum Messen der Antibiotikakonzentration im Schweiß. Patientinnen und Patienten können damit nicht-invasiv und kostengünstig überwacht und Resistenzbildungen sowie gefährliche Medikamentennebenwirkungen verhindert werden. In Zukunft wäre auch eine Überwachung mit einem Smartphone-basierten Biosensor denkbar. «Dieses Projekt hat enormes Potenzial», ist Roggo überzeugt. «Gerade auch für den Globalen Süden, wo invasive Methoden, wie die Blutentnahme, oftmals auf Widerstand stossen.»

www.propatient.ch

DIE KRISE DER
ANTIBIOTIKARESISTENZEN
SOLLTE ZUM GESELLSCHAFTSPOLITISCHEN
THEMA WERDEN

Nina Khanna, leitende Ärztin am Universitätsspital Basel und Gruppenleiterin am Departement Biomedizin, forscht zu neuen Therapien gegen Viren und resistente Bakterien. Sie erlebt im Klinikalltag bereits heute Situationen, in welchen kein Antibiotikum mehr gegen resistente Keime wirkt.

Samuel Schlaefli



Nina Khanna ist Titularprofessorin für Infektiologie an der Universität Basel und leitende Ärztin an der Klinik für Infektiologie und Spitalhygiene des Universitätsspitals Basel. Sie hat in Fribourg und Basel studiert und über 20 Jahre Erfahrung in der Infektiologie. In ihrer Forschung sucht sie neuartige Therapiestrategien bei schweren Infektionen und gegen Antibiotikaresistenzen. Zudem entwickelt sie virusspezifische T-Zell-Therapien für immun-supprimierte Patientinnen und Patienten.

Frau Khanna, wie hat sich die Situation bezüglich antibiotikaresistenter Keime im Spitalalltag verändert, seit Sie vor 20 Jahren in der Infektiologie begannen?

Damals sprachen wir noch davon, dass *Staphylococcus epidermidis*, den wir alle auf der Haut tragen, zu etwa 50% resistent gegenüber Penicillin und Methicillin ist. Mittlerweile sind wir sicherlich bei 80%. Meistens sind diese Erreger nicht sehr gefährlich; selten führen sie zu Infekten, zum Beispiel beim Einsetzen eines künstlichen Hüftgelenks. Aber wir erkennen klar eine Evolution zur Resistenzbildung – nicht nur bei *Staphylococcus epidermidis*, sondern praktisch bei allen Bakterien. In der Medizin und Chirurgie werden zunehmend komplexere Eingriffe oder Therapien durchgeführt, welche das Risiko für Infektionen erhöhen. Deshalb benötigen Patientinnen und Patienten oft über längere Zeit antibiotische Therapien, was zu einer Selektion von resistenten Erregern führen kann.

Welches sind bei der Behandlung von bakteriellen Infektionen die Hauptprobleme?

Neben den Resistenzen ist das Therapieversagen ein häufiges Problem. Obschon die Antibiotika im Labor wirksam getestet wurden, führen sie bei der Anwendung oft nicht zum Therapieerfolg. Der Grund dafür ist, dass die Interaktionen zwischen Bakterien und Antibiotika ausserhalb des Körpers und unter Laborbedingungen anders sind als bei einer realen Infektion im Menschen. Bakterien können sich im Körper verstecken und abkapseln, zum Beispiel durch Abszessbildung. In einem solchen Fall wirken Antibiotika ungenügend, weshalb zur optimalen Behandlung zusätzlich eine chirurgische Behandlung notwendig wird. Zur komplexen Wirts-Bakterium-Wechselwirkung gibt es heute noch zahlreiche offene Fragen, zu deren Beantwortung weitere Forschung nötig ist.

Gibt es im Spital vorbeugende Massnahmen gegen Resistenzbildung?

Die Infektionsprävention ist entscheidend, damit es zu keinen Übertragungen von Resistenzen kommt oder sich keine Resistenzen entwickeln. Diese beinhaltet unter anderem die Händedesinfektion und Reinigung. Zudem muss, wenn immer möglich, die Übertragungskette unterbrochen werden. Im Verdachtsfall werden Patienten und Patientinnen deshalb isoliert, bis die Laborergebnisse von Abstrichen vorliegen. Zudem wurde in den vergangenen Jahren das Konzept des «Antibiotic Stewardship» entwickelt.

Welche Massnahmen umfasst dieses Konzept?

Ziel ist es, Patienten bestmöglich zu behandeln und gleichzeitig Selektionsprozesse und Resistenzen bei Bakterien zu verhindern. Dafür sollen Antibiotika rational und verantwortungsvoll eingesetzt werden. Wichtige Elemente sind die korrekte Diagnose einer bakteriellen Infektion, die Auswahl des geeigneten Antibiotikums und der Abgabeform, die Anpassung der Therapiedauer sowie die passende Dosierung.

Wie gehen Sie vor, wenn Sie merken, dass Sie es mit einem resistenten Bakterium zu tun haben?

Wir orientieren uns meist an international etablierten Richtlinien, welche idealerweise auf wissenschaftlicher Evidenz basieren. Die aktuelle Studienlage dokumentiert aber häufig nur bestimmte Anwendungszwecke, weshalb

wir in solchen Situationen auf Erfahrungswerte zurückgreifen müssen. Ein Beispiel dafür: Als zu Beginn der Coronapandemie viele Lungeninfektionen auftraten, haben wir direkt mit den Kollegen und Kolleginnen in Italien und im Tessin telefoniert und sie nach ihren Erfahrungen gefragt, weil es noch keine wissenschaftliche Evidenz oder Richtlinien gab.

Begegnen Sie in der Klinik heute schon Infektionen, die mit gängigen Antibiotika nicht mehr behandelbar sind?

Ja, das kommt leider vor, ist bei uns aber zum Glück noch selten. Meist sind es Patientinnen und Patienten, welche im Ausland hospitalisiert waren, die zurückverlegt werden und bereits mit einem multiresistenten Keim besiedelt oder infiziert sind. Deshalb ist das Einleiten von vorbeugenden Isolationsmassnahmen durch die Spitalhygiene äusserst wichtig.

In Ihrer Forschung beschäftigen Sie sich mit zellulären Therapien gegen Viren und resistente Bakterien. Für Ihre Arbeit zu Designerzellen, die resistente Keime aufspüren und zerstören, wurden Sie 2019 mit dem Wissenschaftspreis der Stadt Basel ausgezeichnet. Wie funktionieren solche Therapien?

Die untersuchten Designerzellen sind neu programmierte menschliche Zellen, die auf einen definierten Reiz eines Bakteriums einen antibakteriellen Stoff produzieren. Das Enzym «Lysostaphin» kann Bakterien gezielt bekämpfen. Dieses Konzept wurde bislang nur ausserhalb des menschlichen Körpers und im Labor geprüft. Wir arbeiten zudem an sogenannten wirtsunterstützten Therapien. Dafür kultivieren wir Zellen von gesunden Spendern, die gegen ein Virus wirken, und verabreichen diese abwehrgeschwächten Patientinnen und Patienten. In unserer Forschung fragen wir uns also, wie wir das Immunsystem gezielt stärken können, damit ein Virus kontrolliert werden kann.

Traditionelle Antibiotika, wie Penicillin und viele Nachfolgeprodukte, basieren auf kleinen chemischen Molekülen. Ist diese Art der Antibiotikaentwicklung heute ausgeschöpft?

Nein, das glaube ich nicht. Es sind verschiedene neue Kandidaten in Entwicklung. In Lausanne zum Beispiel arbeitet das Unternehmen «Debiopharm» an einem neuen, bisher noch nicht verwendeten Wirkmechanismus – dem Fettsäurezyklus von Bakterien. Heute zielt man

meist auf die Zellwand, Ribosomen oder den Zellkern, also die DNA, der Bakterien. Problematisch ist nur, dass diese neuen Moleküle oft sehr spezifisch wirken, sie kommen also nur in seltenen Fällen zum Einsatz – und damit stellt sich dann wieder die Frage nach der kommerziellen Machbarkeit. Das Interesse an alternativen Ansätzen, wie Zelltherapien oder Phagen, also Viren, die gegen Bakterien wirken, hat deshalb in den letzten Jahren stark zugenommen.

Sie forschen seit 2020 auch im Rahmen des Nationalen Forschungsschwerpunkts «AntiResist». Wo liegt Ihr Fokus dort?

Wir wollen die Interaktion von Bakterien und Mensch besser verstehen lernen, um neue Therapiemöglichkeiten zu identifizieren. Dafür arbeiten wir mit Proben aus der Klinik, zum Beispiel Gewebe, Urin oder Lungensekret, welche im Rahmen von nötigen Untersuchungen gewonnen werden. Im Team entwickeln wir Methoden und In-Vitro-Modelle, mit welchen die Bedingungen beim Menschen nachgeahmt werden, um neue Substanzen im Labor zu testen. Wir hoffen, dadurch neue Angriffspunkte für die Behandlung bei multiresistenten Keimen zu finden. Der Schlüssel hierzu liegt in der engen Zusammenarbeit von Forschenden aus Medizin, Biologie, Physik, Chemie, Datenwissenschaften und Bioingenieurwesen.

Besteht Ihrer Meinung nach heute in der Öffentlichkeit ein Bewusstsein für die enormen globalen Gesundheitsrisiken durch Antibiotikaresistenzen?

Ich denke schon. Die Frage ist vielmehr, was braucht es, damit wir ins Handeln kommen? Es ist ähnlich wie bei der Klimakrise: Wir wissen schon länger, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit ein tiefgreifender Handlungsbedarf besteht. Die Frage ist, weshalb wir uns nicht schon früher mit nützlichen Strategien auseinandergesetzt haben? Deshalb sollte auch die Krise der Antibiotikaresistenzen zum gesellschaftspolitischen Thema werden. 🌍

TIER-ZU-MENSCH-SEUCHEN

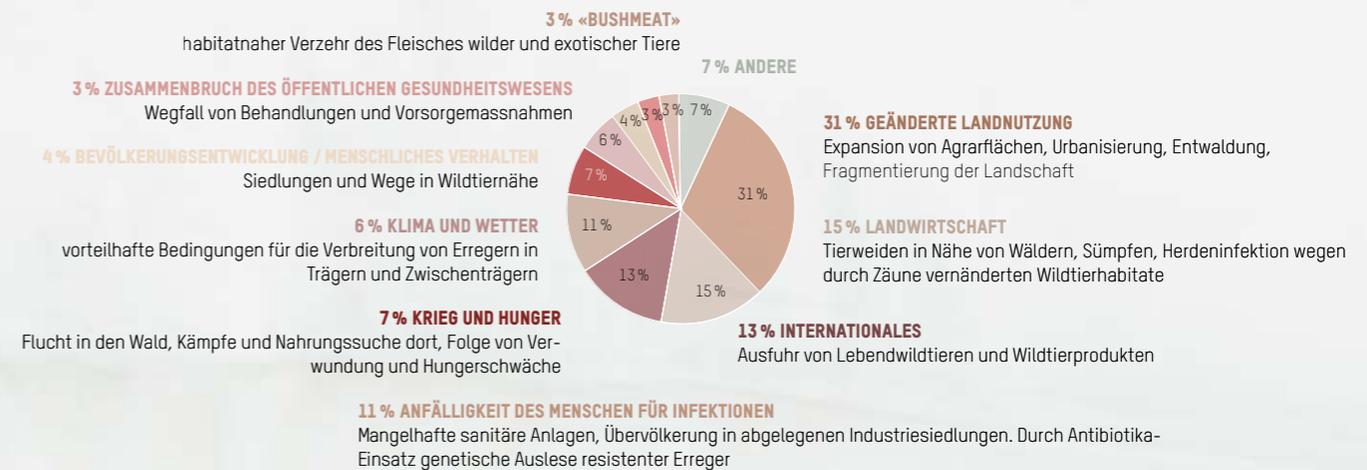
Chronologie

- 1878 - **VOGELPEST (HPAI)**
- 1920 - **AIDS, 38 MILLIONEN FÄLLE, † 36,3 MILLIONEN**
- 1931 - **INFEKTIOSE BRONCHITIS**
- 1937 - **WEST-NIL-VIRUS, AKUTE VERBREITUNG, 5-10% STERBEN**
- 1947 - **ZIKA-VIRUS, AKUTE VERBREITUNG, KEINE TODESFÄLLE BEKANNT**
- 1967 - **MARBURG-VIRUS, 466 FÄLLE, † 373**
- 1976 - **EBOLA-VIRUS, 33 577 FÄLLE, † 13 562**
- 1986 - **RINDERWAHN (BOVINE SPONGIFORME ENZEPHALOPATHIE, BSE)**
- 1994 - **HENDRA-VIRUS-INFEKTION, 7 FÄLLE, † 4**
- 1997 - **VOGELGRIPPE (H5N1), 861 FÄLLE, † 455**
- 1998 - **NIPAH-VIRUS-INFEKTION, 513 FÄLLE, † 398**
- 2003 - **SCHWERES AKUTES ATEMWEGSSYNDROM (SARS), 8096 FÄLLE, † 810**
- 2009 - **SCHWEINEGRIPPE (H1N1), 762 630 000 FÄLLE, † > 203 000**
- 2012 - **NAHOST-ATEMWEGSSYNDROM (MERS), 2494 FÄLLE, † 858**
- 2016 - **AKUTES DIARRHOE-SYNDROM DER SCHWEINE (SADS)**
- 2019 - **CORONA-VIRUS-2019 (COVID-19), 536 714 666 FÄLLE, † 6 323 334**
- 2022 - **AFFENPOCKEN, 71 000 FÄLLE (OHNE AFRIKA)**



MEHR ÄCKER, MEHR WEIDEN = MEHR INFEKTIONEN

Hauptgründe für die Verbreitung von Zoonosen in 183 dokumentierten Fällen (1940 bis 2004)





«GEORGE CHURCH UND DIE
WIEDERERFINDUNG
DER NATUR»

Martin Hicklin

Mit seinem weissen Vollbart, um den ihn Charles Darwin beneidet hätte, würde er gut in ein Gruppenbild von Naturforschern des 19. Jahrhunderts passen. Doch George Church ist kein Mann von gestern. Der 68-jährige Harvard-Professor für Genetik mit dem lautmalerisch zu Church passenden Vornamen spielt seit Jahrzehnten eine führende Rolle in einer Reihe von Feldern wie der Genomik oder der Synthetischen Biologie. An seinem Beispiel kann man zeigen, wie vielfältig die Lebenswissenschaften geworden sind. Von Anfang an war er beim Humane Genome Projekt dabei, hat sein eigenes Genom sehr früh buchstabieren lassen und Werkzeuge und Methoden entwickelt, mit denen Genome zu steil sinkenden Kosten buchstabiert – und modifiziert werden können. Church empfiehlt jedem, sein eigenes persönliches Buch des Lebens kennenzulernen. Immer mehr neue Dinge werden darin entdeckt und verstanden.

George Church ist leidenschaftlich damit beschäftigt, die Erfindungen, die das Leben über Jahrtausende gemacht hat, aufzuklären und auf vielfältige Weise zu nutzen. In seinem Buch «Regenesis – oder wie Synthetische Biologie die Natur und uns selbst wiedererfinden wird» legte er 2012 dar, wie das Leben auf unserem Planeten im Laufe der Erdzeitalter seine atemberaubende Vielfalt an Erscheinungen und Mechanismen entwickelt hat und wie der Mensch diesen reichen Schatz zu neuen Anwendungen bringen könnte. Das Buch hat eine Auflage von 70 Millionen. So viele Kopien davon hat Church in seinem Labor in die Bausteinfoolgen der Erbsubstanz DNA kodiert. Die Archivausgaben haben Platz auf einem kleinen Fleck, nicht größer als ein Punkt auf dieser Seite. DNA, so wollte der Genetiker zeigen, ist ein ideales Molekül, um viel Information dauerhaft und extrem platzsparend zu archivieren. Church sieht sich als Teil seines grossen Teams, bewegt sich mit ihm erfinderisch in unglaublich vielen Gebieten und hat um die 40 Start-ups mitbegründet. Als sich CRISPR als neue Möglichkeit, exakte Genveränderungen zu erzeugen, erwies, zeigte er als Erster, dass man die zielgenaue Schere auch in menschlichen Zellen anwenden kann. Er war von Anfang an dabei, als der Schweizer Mäzen und Medtech-Unternehmer Hansjörg Wyss vor 13 Jahren sein Wyss Institute in Harvard gründete, wo helle Köpfe vieler Disziplinen zusammen «biologisch inspirierte» und wenn immer möglich kostengünstige neue Techniken entwickeln. Das ist in diesem Beschleuniger bisher so gut gelungen, dass der Namensgeber Ende Oktober noch einmal eine vierte Finanzspritze von 350 Millionen Dollar zugesagt und damit bald eine Dreiviertelmilliarde investiert hat. Klar, dass man George Church gern nach den Wurzeln seiner Genialität fragt. Dann erzählt er auch mal freimütig, dass er als «Neuroatypischer» an Narkolepsie (einem Hang zu Schläfrigkeit tagsüber) leide und mit Dyslexie umgehen lernen musste. Letztere habe ihm zwar das Lesen erschwert, dafür aber seinen Umgang mit Bildern und Mustern gefördert.

Im Juli berichtete er mit seinem Postdoc Alex Nyerges und anderen, wie das Darmbakterium *Escherichia coli* für Viren unangreifbar gemacht werden kann. Weil Viren für die eigene Vermehrung die Maschinerie des Bakteriums



nutzen müssen, kann man mit ausgetauschten Codes die Piraten ins Leere laufen lassen. Während das mit umgebautem Genom ausgerüstete Bakterium problemlos mit seinem Ersatz zu Rande kommt, bleibt der Bau von Viren wegen erzwungener Fehler auf der Strecke. *Escherichia coli* kommt als Arbeitspferd in biotechnischen Prozessen zum Einsatz. Da schützt Virenresistenz vor teurem Ärger. Vorsichtshalber wurde das Bakterium so eingerichtet, dass es nur überlebt, wenn es über eine nicht in der Natur vorkommende Aminosäure verfügen kann. Das ist ein Biocontainment von innen. George Church und sein Team bleiben auf der sicheren Seite.

Viel zu reden gab, dass George Church auch rückwärtsgehen will. Er hält die Zeit für gekommen, mit den vorhandenen und rasant ausgebauten Techniken ausgestorbene Lebewesen oder genauer verlorene Teile von deren Fähigkeiten wiederauferstehen zu lassen. «De-Extinction» ist das Schlagwort und hat zumindest im ersten Projekt mit Klimawandel zu tun. Wenn alles nach Plan geht, sollen Nachfolger des Wollmammut wieder über die sibirische Tundra trampeln und dabei helfen, sie in grasreiche buscharme Steppe umzuwandeln und den Permafrost gefroren zu halten. Mit dem Unternehmer Ben Lamm wurde eine Firma mit dem passenden Namen «Colossus» gegründet, und inzwischen ist auch etwas Geld zusammengekommen. Da von dem vor 4000 Jahren verschwundenen Wollmammut zwar gefrorene Überreste, aber keine lebenden Zellen vorhanden sind, kann das majestätische Tier nicht wie Dolly geklont werden. Ersatzweise hat man im Genom der Zellen des mit dem Mammut verwandten asiatischen Elefanten einzelne Gene mit passenden des Mammut vertauscht, in der Hoffnung, die Kältetoleranz der Dickhäuter zu erhöhen, etwa was Fettansatz, Behaarung oder die Grösse der Ohren betrifft. Ob und wann ein neu behaarter asiatischer *Elephas maximus* das Licht der Welt erblickt, bleibt offen. Tragzeiten bei den Dickhäutern sind lang. Vielleicht, so heisst es, brauche es gar eine künstliche Gebärmutter, die man noch entwickeln müsste. Das kann dauern. Zudem ist es auch über Sibirien finster geworden.

Da kommt Colossus wohl schneller mit dem im Vergleich zum Mammut zierlichen Tasmanischen Tiger *Thylacinus cynocephalus* voran. Das am Hinterteil hübsch gestreifte hundeähnliche Tier ist seinerzeit gezielt von Schafzüchtern ausgerottet worden. Der letzte Vertreter der Art starb 1936 im Zoo. Ein aus einem in Alkohol aufbewahrten Foetus gewonnenes Genom ist buchstabiert. Diesmal braucht es keine Gebärmutter. Der «Tiger» zählt zu den Beuteltieren, deren Junge eine erste Zeit in einer Aussentasche heranwachsen. So könnte das Neutier vielleicht am heiklen Anfang bei einem anderen Beuteltier unterkommen. Was auch immer passiert, man hofft, wertvolle Erfahrungen zu sammeln und den Fortschritt der Techniken zu beschleunigen, die der Wieder- und Umerfindung der Natur dienen. ☯



THE DREAM FACTORY CALLED LIFE

Portrait: Said Jongo



shutterstock.com: ARUSHA, TANZANIA: oldonyo masai school, more than 100 children attend school room they need funds and teachers for a proper teaching August 18, 2015 in Arusha, Tanzania



In athletics, Africans are unbeatable over the long distance. But even those who have successfully completed their education in countries like Tanzania know how to run the hurdles. Like Said Jongo, for example. The doctoral student at the Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH) was born in 1977 as the oldest of 10 children in rural Tanga region. His mother takes care of the household. His father is poor but blessed with a broad knowledge. "The wealth of children in my family home was only surpassed by the wealth of books," recalls Said Jongo. On the shelves in the living room of the house, spines of books crowded together. But young Said Jongo rarely got to read. From an early age, he slipped into the role of a parent, caring for his siblings and serving as a role model for them.

Success at school is a prerequisite for a reasonably secure future. As in many parts of the world, private schools in Tanzania are out of reach for a majority of families. Everyone else tries to get into an inexpensive public school. The national exams to continue to the next level of education determine whether a student advances. "After each exam, we immediately tried to find a job, because it was never clear whether the educational path would not come to an abrupt end," Jongo recalls. Until the exam results are published, he repairs cars in his uncle's workshop, or teaches his friends the secrets of the computer.

His aunt is an entrepreneur and one of the first persons in the town to own a computer. It is a computer of considerable size and weight and sits on the aunt's desk. The aunt herself is more mobile than her technological acquisition and often travels. And so the computer guide who should have been teaching the aunt is teaching her nephew, Jongo, who in turn is passing on the new knowledge to his students. "My reputation as a computer professional soon made the rounds in the town," he still says with pride.

And then, for the first time in his life, he has to say goodbye to his parents and siblings. In the back window of the bus, the 19-year-old sees his home town disappear in a cloud of dust. The destination of the journey is a boarding school for students with special talents in Arusha, in the north of the country. Tanzania's first president, Julius Nyerere, enforced the idea of being assigned to a different region to discourage tribalism. This was called nation building back then. The dormitory of the boarding school is as large as a factory hall, with beds packed close together. "But we could have managed without a place to sleep," recalls Said Jongo, laughing. "We studied day and night in the library. Anyone who overslept was an outsider."

The cramming pays off. The advanced certificate of secondary education in Arusha got him selected for a government

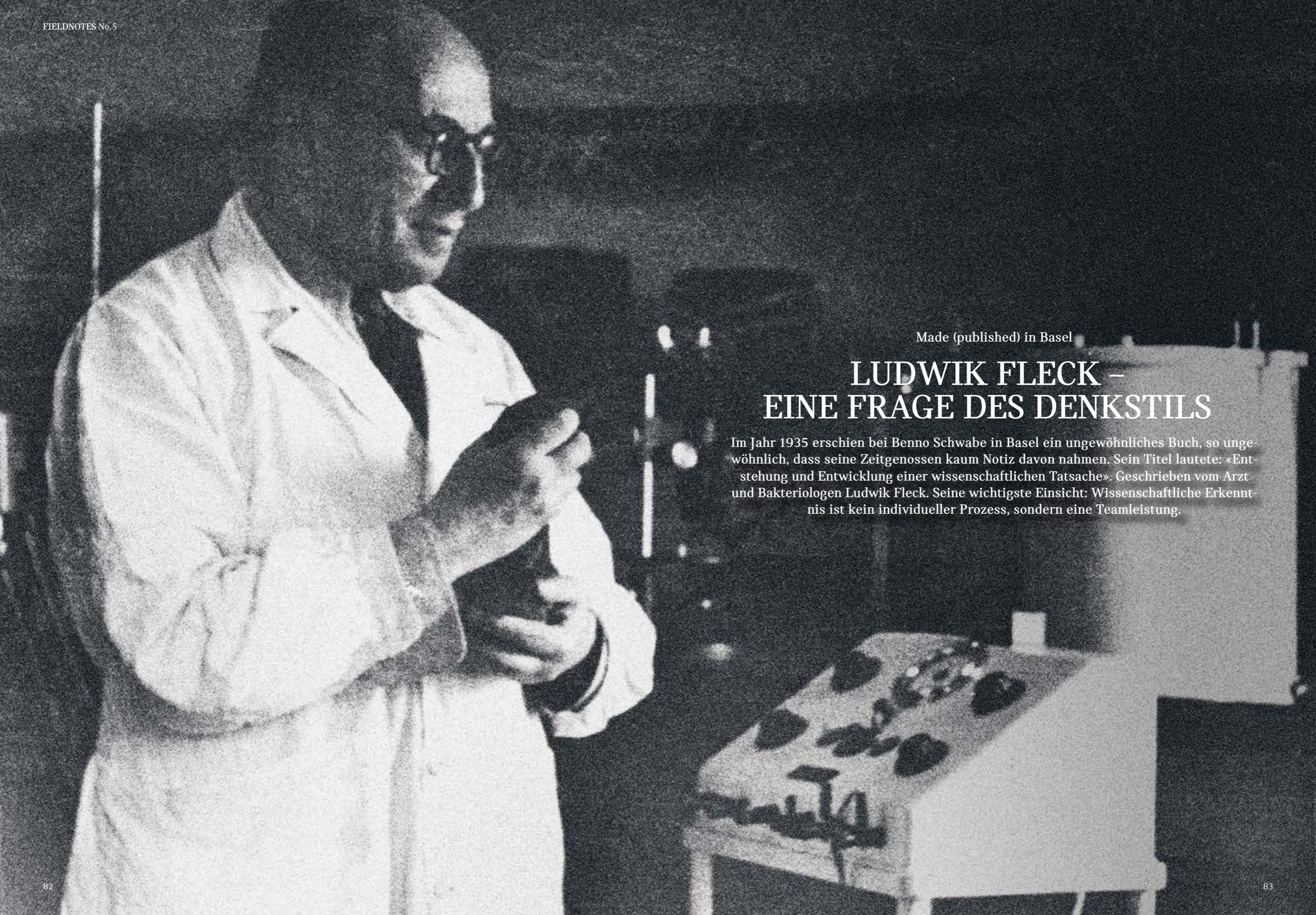


grant to study a degree in Doctor of Medicine at Muhimbili University in Dar es Salaam. In addition to the theory, it is the practical work that occupies the young student: shattered bones, inflamed appendixes, heart attacks. The whole spectrum. And yet something is missing. "Patients in hospitals are cared for their individual ailments," says Said Jongo. "A lot of it reminded me of my uncle's auto repair shop, only with additional, unique emotional experiences and strength to keep providing the highly needed healthcare. But I was more interested in clinical research which deals with ailments at population level. I was drawn to research." After successfully completing medical school, his thoughts turn eastward. He and his wife are learning Chinese. They apply for a scholarship at Tongji University in Shanghai. And are accepted. In Shanghai, he deepens his knowledge in Masters of Medicine in internal medicine with a major in cardiology. Rides the magnetic railroad but cannot imagine a life in China.

In China, Said Jongo experienced for the first time what modern clinical trial centers are all about. But he could not believe that such centers also exist in his home country Tanzania when he first sees the research facilities of the Ifakara Health Institute (IHI) in Bagamoyo, a coastal town north of Dar es Salaam. With the support of Swiss TPH, state-of-the-art trial centers have been built here in recent decades,

well equipped also for the first phases of a clinical trial. Vaccination trials conducted from the very first moment in affected populations: this is also what Said Jongo dreams of. "Normally, clinical trial protocols are developed and early phase I trials implemented in the U.S. or Europe," Jongo explains. The problem with this is that these populations differ greatly from the actual target population in Africa in terms of their genetic and immunological profiles as well as socio-cultural backgrounds. "The solution to this problem would be a stronger involvement of African scientists in developing protocols and implementing GCP compliant clinical trials in the relevant population", says Said Jongo. Both, the infrastructure in place and the engagement of African experts assure the sustainability of programs to deal with ailments on population level. As the principal investigator and senior scientist, Said Jongo has taken a responsibility for capacity building and strengthening on implementing clinical trials for the potential malaria vaccine candidates and therapeutic interventions in Tanzania and other countries in Africa through strong south-south and north-south collaborations. "I am proud to contribute to the fight against diseases that still afflict a large part of the population," he says. "I would never have dared to dream this when I first walked into a classroom in Tanzania." 





Made (published) in Basel

LUDWIK FLECK – EINE FRAGE DES DENKSTILS

Im Jahr 1935 erschien bei Benno Schwabe in Basel ein ungewöhnliches Buch, so ungewöhnlich, dass seine Zeitgenossen kaum Notiz davon nahmen. Sein Titel lautete: «Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache». Geschrieben vom Arzt und Bakteriologen Ludwik Fleck. Seine wichtigste Einsicht: Wissenschaftliche Erkenntnis ist kein individueller Prozess, sondern eine Teamleistung.

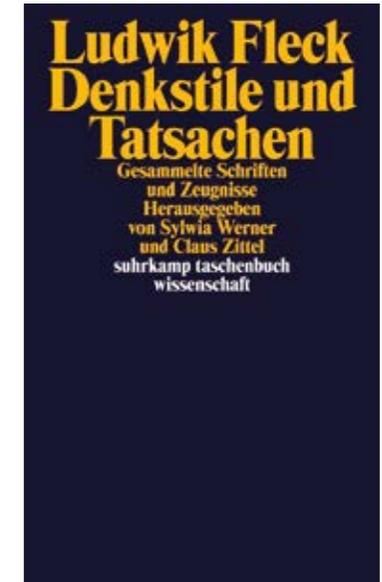


Ludwik Fleck wurde 1896 als Sohn eines Handwerkers in Lwiw (Lemberg) geboren. Die ukrainische Stadt steht heute unter Dauerbeschuss der russischen Luftwaffe. Damals war sie ein wichtiges kulturelles Zentrum. Aus seinen Gassen drang ein Stimmengewirr aus Deutsch, Polnisch, Jiddisch, Armenisch und Ukrainisch. Der Sohn eines jüdischen Handwerkers Fleck studierte Medizin bei dem bekannten Typhus-Spezialisten Rudolf Weigl. Er beschäftigte sich intensiv mit Wissenschaftstheorie und fühlte sich zu den Philosophen um den Franz Brentano-Schüler Kazimierz Twardowski hingezogen, was ihn wohl zunehmend dazu veranlasste, die gängige Lehre über das naturwissenschaftliche Erkennen als Märchen zu entlarven: «Es besteht ein sehr verbreiteter Mythos über Beobachtung und Experiment», schreibt Fleck. Forschende gebärden sich nicht selten als Eroberer «vom Typ eines Julius Cäsar», die sich furchtlos in die Schlachten werfen. «Man will etwas wissen, man macht die Beobachtung und das Experiment – und schon weiss man es. Selbst Forscher, die manche Kämpfe gewannen, glauben dieses naive Märchen, wenn sie retrospektiv ihre eigenen Arbeiten betrachten.» Für Fleck kann es eine absolute Wirklichkeit nicht geben. Das Erkennen verändert den Erkennenden. Wer so denkt, ist gegen jede Ideologie gefeit.

Gegen eine verabsolutierte Wirklichkeit anzuschreiben, bedeutete für Fleck auch, gegen zunehmend grassierende Rassentheorien anzuschreiben. Sein Werk ist auch ein Fanal gegen die Schrecken seiner Zeit. Diese bekam er am eigenen Leib zu spüren. Nach der Besetzung Lwiws durch die Nazis, 1941, wurden Fleck, seine Frau und sein Sohn ins jüdische Ghetto und dann nach Auschwitz deportiert. Er arbeitete im serologischen Labor des Hygiene-Instituts der Waffen SS. 1943 wurde er ins KZ Buchenwald verlegt, wo er für die Häftlinge einen Impfstoff gegen Fleckfieber produzierte und sich als Bakteriologe einen Namen machte. Ein Kollaborateur war er deshalb nie.

DENKKOLLEKTIVE UND DENKSTILE

Die breite Rezeption des Buches «Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache» durch Wissenschaftstheoretiker wie Thomas S. Kuhn in den 1980er-Jahren erlebte Fleck nicht mehr. Es zählt heute zu den klassischen Werken der Wissenschaftstheorie. Am Beispiel einer historischen Fallstudie über die sogenannte Wassermann-Reaktion, zur Diagnose der Syphilis, zeigte Fleck, wie sich aus dem Chaos widersprüchlicher Erkenntnisse und Informationen langsam ein «Denkzwang», eine «Tatsache»



entwickelt. Dies ist immer ein sozialer Prozess. Denn für Fleck ist Wissenschaft keine «One-Man-Show» einzelner Geistesgrößen, sondern eine Gemeinschaftsleistung. Er prägte die Begriffe «Denkkollektiv» und «Denkstil». Ersteres meint die Gruppe von Wissenschaftlern eines Faches, Letzteres das erkenntnistheoretische Wissensgebäude, auf dem die Gruppe aufbaut. Denkstile sind grundsätzlich stabil. Ihre Vertreterinnen und Vertreter haben die Tendenz, widerstrebende Meinungen auszublenden. Doch zuweilen kommt es vor, dass das Denkgebäude Risse bekommt, dass der Denkwang sich lockert, sich die Bedeutung von Begriffen ändert. Dies auch darum, weil die Wissenschaftler eines bestimmten Denkstils immer auch mit einem Bein im Alltag stehen. Ludwik Fleck schrieb gegen einen naiven Fortschrittsglauben in der Wissenschaft an und er plädierte für die Offenheit gegenüber abweichender Meinungen. Auch deshalb ist er aktueller denn je: «Das Wissen war zu allen Zeiten für die Ansichten jeweiliger Teilnehmer systemfähig, bewiesen, anwendbar, evident. Alle fremden Systeme waren für sie widersprechend, unbewiesen, nicht anwendbar, phantastisch oder mystisch. Wäre es nicht an der Zeit, einen weniger egozentrischen, allgemeineren Standpunkt einzunehmen und von vergleichender Erkenntnistheorie zu sprechen?» Ja, es ist an der Zeit. ☯

LITERATUR:

Ludwik Fleck (1980), Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv. Suhrkamp.

Jürg Ulrich (1992), Ludwik Fleck (1896-1961), Bakteriologe und Wissenschaftstheoretiker: Die Wissenschaft wächst im Denkkollektiv. Gesnerus, 49: 11-20.



GEIGY AWARD 2022

The two young researchers Lorenz Hofer and Mgeni Tambwe are trying to block malaria transmission in Tanzania. Astrid Knoblauch uses drones to transport tuberculosis drugs in Madagascar. For this, the R. Geigy Foundation awards them the 12th R. Geigy Prize 2022.



Mgeni Tambwe knows what it means to be sick with malaria. Even as a young boy growing up in Tanzania, he and his siblings were repeatedly put out of action by the disease. According to his recollection, they almost spent more time in bed than in school. Times have gone by! Today, Mgeni Tambwe sits in the modern laboratories of the Ifakara Health Institute (IHI) in Bagamoyo, on the coast of the Indian Ocean, brimming with health and confidence. Together with Lorenz Hofer, a microbiologist at the Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH), he has set up a modern research laboratory in recent years.

MALARIA TRANSMISSION RESEARCH IN BAGAMOYO

The presence of a bio-safety level-II insectary lab including a cell-culture platform for malaria parasites facilitates scientific research for the evaluation of malaria transmission-blocking interventions. “This new research platform allows us to better understand malaria transmission and perhaps even interrupt it in the future,” says Lorenz Hofer. The significance of this statement could easily be lost if the epidemiological situation is not kept in mind. In recent years, science has celebrated great successes in the fight against malaria. In particular, insecticide-treated mosquito nets contributed to a reduction in malaria cases. “But if we want to stick to the goal of eliminating malaria, we need new innovative techniques,” Hofer says. Such as transmission-blocking drugs for instance which prevent the parasite to be transmitted to the

mosquito. The main players in this process are so-called gametocytes. This is what scientists call the stage of the malaria parasite that the mosquito ingests during a bloodmeal and later might be transmitted to other human victims. Primaquine is currently the only drug that is effective against these gametocytes. But taking it can have serious side effects in some individuals. Thus, alternatives that are safer to the entire community are badly needed. Lorenz Hofer and Mgeni Tambwe succeeded in infecting mosquitoes with gametocytes under laboratory conditions. “This will provide a unique platform in the future to test the effect of new substances against gametocytes and to develop new drugs,” says Mgeni Tambwe.

LONG BREATH

Even the Covid-19 pandemic which induced a global health crisis could not stop the efforts of Mgeni Tambwe, Lorenz Hofer and their entire team. In accordance with the national guidelines in Tanzania, they implemented the needed precautions to continue their work in the field. “Throughout my career, I have never experienced such a fruitful collaboration between two young researchers,” says Sarah Moore, Lorenz Hofer and Mgeni Tambwe’s supervisor. The partnership on an equal footing is certainly a key to their success. And it gives hope that future generations may be able to grow up without malaria, as was the case with Mgeni Tambwe. 🌱



«It is a great honour for us to receive this award. We would like to thank Marcel Tanner and the entire Rudolf Geigy Foundation for believing in us and joining us on the journey to establish the platform for evaluating malaria transmission-blocking interventions. This is a good motivation that encourages us to work hard in the fight against malaria. Not only has he established the Foundation for funding research activities all over the world, but Marcel Tanner has also contributed enormously to capacity building at Ifakara Health Institute, us included.»

Mgeni Tambwe & Lorenz Hofer (Tanzania & Switzerland), Rudolf Geigy Awardees 2022



Surrend zieht die Drohne über den wolkenlosen Himmel Madagaskars. Im Gepäck: Lebensrettende Medikamente gegen die Tuberkulose. Madagaskar ist eines der ärmsten Länder der Welt, zwischen der Landbevölkerung und einem Arzt oder einer Apotheke liegen kilometerlange Fussmärsche über unwegsame Pfade, durch Reisfelder und reissende Flüsse. Therapien gegen fatale Krankheiten wie zum Beispiel die Tuberkulose sind keine Selbstverständlichkeit. «Die Hälfte aller Tuberkulose-Erkrankungen in Madagaskar bleibt unbemerkt», sagt Astrid Knoblauch, Epidemiologin am Swiss TPH und Geigy-Preisträgerin 2022.

INNOVATION IM GESUNDHEITSWESEN

Transport-Drohnen könnten hier Abhilfe schaffen. Um dies zu testen, setzte Knoblauch 2017 zum ersten Mal ihren Fuss auf Madagaskar. Damals validierte sie für das Institut Pasteur Madagascar und die amerikanische Stony Brook University die Tauglichkeit dieser Technik. Dabei evoziert der Begriff «Drohne» ein verzerrtes Bild. Die Flugobjekte, mit denen die Wissenschaftlerin zu tun hatte, waren eher Mini-Flugzeuge, die ihre Fracht nicht einfach sorglos über dem Regenwald abwarfen, sondern behutsam wieder auf die Erde brachten. Nicht immer gelang dieser Flug reibungslos, nicht selten versagte die Technik. Welch ein Glück, wenn die Drohne mit den Medikamenten abhob. Und welche herbe Enttäuschung, wenn sie zwei Sekunden später an einem Baum zerschellte oder sich plötzlich Rauch entwickelte, erinnert sich Astrid Knoblauch. «In solchen Momenten galt es, den Humor zu bewahren und die Technik Schritt für Schritt zu verbessern.» Dazu gehörte auch die Ausbildung von Fachpersonen vor Ort. Denn Innovationen in Afrika sind ihren Namen nicht wert, wenn sie nicht in die Gesellschaft integriert und von lokalen Fachmännern und -frauen gewartet werden können. «Ich freute mich zu hören, dass sich auch das vom Global Fund finanzierte Nachfolgeprojekt,



stark auf die Expertise von Madagaskar stützte und ein lokales Business ermöglichte», sagt Knoblauch.

MADAGASKAR – BEDROHTES PARADIES

Madagaskar hat es der Forscherin auch sonst angetan. «Ich liebe die Insel, ihre einzigartige Natur und ihre Bewohnerinnen und Bewohner», sagt sie. Kurz nach ihrer Ankunft suchte sie nach einem Fussballklub. Der Fussball ist eine ihrer grossen Leidenschaften. Er half ihr aber auch, schnell sozial Fuss zu fassen. Schon bald sprach sie die ersten Brocken Malagasy, besuchte Konzerte und erkundete die Umgebung. Auf den zahlreichen Reisen durch den Inselstaat wurde ihr bewusst, wie stark die Gesundheit der Menschen von der Unversehrtheit der Umwelt abhängt. Und von solcher kann keine Rede sein. Die Wälder Madagaskars verschwinden rasant. Dürren, Ernteaufälle und der Klimawandel bedrohen die Lebensgrundlage der grösstenteils mittellosen Bevölkerung. Deshalb rief Astrid Knoblauch mit Partnerinnen und Partnern 2020 «Mali» ins Leben. Das Start-up mit 90 Mitarbeitenden organisierte in Toliara, einer Stadt im Südwesten des Landes, die Abfallentsorgung. 2000 Tonnen Abfall wurden monatlich in den Quartieren eingesammelt und recycelt. Daraus entstanden auch neue Produkte, wie zum Beispiel Öko-Briketts, welche die Bevölkerung weniger kosten als herkömmliche Holzkohle. «Wir hoffen, mit solchen kleinen Initiativen den Druck auf die

Wälder etwas abzufedern», sagt Knoblauch. Denn: «Madagaskar braucht nicht nur High-Tech. Gesund bleiben heisst auch, mit kleinen Schritten das fragile Gleichgewicht zwischen dem Menschen und seiner natürlichen Umwelt zu erhalten.»



«Receiving the Rudolf Geigy Award is a great honour for me and I perceive it as a recognition and appreciation of my work. Work that would not have been possible without the tremendous support I received over many years from Swiss TPH, the R. Geigy Foundation and specifically also from inspiring mentors such as Marcel. My 4-year stay in Madagascar was greatly facilitated by the Foundation and its members and I have learned what it means to implement projects from A-Z, in the field, with all the ups and downs – and to not give up! This award recognizes the value of this and encourages me to continue.»

Astrid Knoblauch (Switzerland), Rudolf Geigy Awardee 2022

CAREER SPRINGBOARD FOR A YOUNG GENERATION OF SCIENTISTS

THE R. GEIGY AWARD AND ITS CREATOR MARCEL TANNER

FRED BINKA (Ghana)
Rudolf Geigy Awardee 2000



“The Rudolf Geigy Award has been a tremendous inspiration for my work in Malaria. It encouraged me to engage in other malaria interventions research such as novel use of malaria drugs and vaccines for prevention in children in Africa, as well as developing human capacities for the next generation of African scientists. Professor Marcel Tanner has maintained the linkage and facilitated my research and academic work for the past 20 years. Congratulations to the Rudolf Geigy Award, giving recognition of contributions of African scientists to infectious disease epidemiology and control/elimination.”

JAPHET KIHONDA (Tanzania)
Rudolf Geigy Awardee 2004



“I would like to express my gratitude for the Rudolf Geigy Award, which I won in 2004. The award and foundation influenced my professional path and personal standard of living tremendously. The award helped my family to start and maintain small-scale agriculture feeding us every day to this date. I would like to express my deep and sincere gratitude to Marcel Tanner who is going to step down as the president of the RGS. It was a great privilege and honour to work under his guidance, I am extremely grateful for what he and the foundation had offered me.”

ALPHONSE UM BOOCK (Cameroon)
Rudolf Geigy Awardee 2008



“The 2008 Rudolf Geigy Award was the triggering point of my awareness and a deep source of my motivation and my commitment to the fight against neglected tropical diseases in Cameroon and in Africa in general. Marcel Tanner coached me throughout my career. He was able to give me strength when I felt weak and showed me the way when I didn't know where to go. Today, I am counted in Africa among the experts of some of these diseases namely leprosy, yaws, cutaneous leishmaniasis and Buruli ulcer. Today, I want to simply say Thank You!”

JEAN COULIBALY (Côte d'Ivoire)
Rudolf Geigy Awardee 2016



« J'ai reçu en Décembre 2016 le prestigieux Prix de la Fondation Rudolf Geigy. Ce fut le départ d'une belle aventure dans la recherche en santé publique. Aujourd'hui, j'occupe plusieurs positions au niveau national (Maître de Conférence, Président de la Société Ivoirienne de Parasitologie et Mycologie) et international (Membre du Comité Technique d'Appui à l'OMS pour la schistosomiase et les géohelminthiases). Celles-ci restent en grande partie liées à cet Excellent Prix de la Fondation Rudolf Geigy. Pour Marcel Tanner, au moment de son départ de la Présidence de la Fondation, je lui souhaite une pleine santé et tout ce qui bien pour les années avenir. »

LEA KNOPF (Germany)
Rudolf Geigy Awardee 2002



“The Rudolf Geigy Award hit me by surprise! As a young scientist then, I perceived research awards as a matter of famous, senior scientists ... Indeed, the recognition of my work made me very proud. But at the same time, I realized how much the visionary views on research and ways of living partnerships, of both, Rudolf Geigy and Marcel Tanner, had inspired me and would stick with me for the rest of my life. Therefore, here a big thank you, to you Marcel, for being an extraordinarily approachable, inspiring and cordial person! You offered me an unprecedented chance and support at a stage I had nothing to offer yet, scientifically speaking, but a few vague ideas in my bag.”

CLARA MENÉNDEZ (Spain)
Rudolf Geigy Awardee 2006



“Maternal and reproductive health issues affecting low-income settings classically have not been prioritised by most academic/research institutions focused on global health. This is why receiving the Rudolf Geigy Award represented a strong positive boost to the work that the ‘maternal, child and reproductive health program’ was doing in the poorest settings in Africa. It also represented an important international recognition of the program and I and my team at the Hospital Clinic of Barcelona/ISGlobal are most grateful to the Rudolf Geigy Foundation and Professor Marcel Tanner for his continuous support over the years to our work and for being instrumental in getting this prestigious award.”

MANUEL HETZEL (Switzerland)
Rudolf Geigy Awardee 2012



“It was a great honour to be awarded the 7th R. Geigy Prize in 2012. After spending several years in Tanzania and Papua New Guinea, I was convinced that we need a fundamental understanding of the setting in which we work, in order to contribute meaningfully. The Geigy Prize confirmed my belief that spending time ‘in the field’ is one of the most valuable investments a young researcher can make. I am greatly indebted to Marcel Tanner who has always inspired me with his belief in true partnership, mutual learning for change, and the benefit of moving out of the comfort zone of a fancy office. I hope that the work of the R. Geigy Foundation will encourage many more scientists to foster true partnership and learn from first-hand experience ‘in the field’. To borrow Marcel's famous allegory: we are all sitting in the same mtumbwi (canoe), and we have to paddle together in harmony to move it forward in the right direction to make the

GIOVANNA RASO (Switzerland)
Rudolf Geigy Awardee 2016



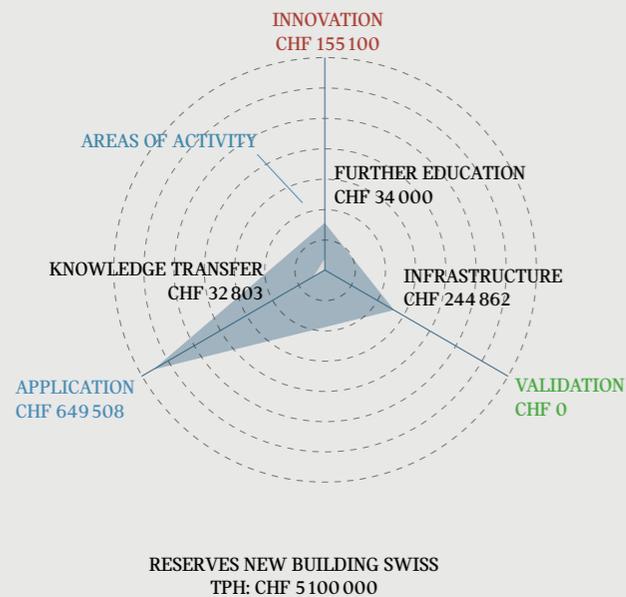
“I received the 9th R. Geigy Award 2016 together with Dr Jean Coulibaly for our research partnership in Côte d'Ivoire. I remember how happy and proud we were to receive this price. It made our work in Côte d'Ivoire so much more meaningful, because it did not just confirm that our work was important for the local and scientific communities, it valued the tremendous efforts we had put into research partnerships over so many years. I will thank again and again all those who have made this partnership and finally the award possible. None of this would have been possible without Marcel's constant support. I thank you Marcel, for all you have done.”

world a healthier place.”



R. Geigy-Stiftung
Swiss TPH

Distribution of funds in 2021:



Leisten auch Sie einen Beitrag zu einer besseren Gesundheit!

Informieren Sie sich über die verschiedenen Unterstützungsmöglichkeiten:
mail@geigystiftung.ch

FÖRDERAKTIVITÄTEN 2021

Mit strategischen Mitteln unterstützt die R. Geigy-Stiftung (RGS) das Schweizerische Tropen- und Public Health-Institut (Swiss TPH) in seiner Absicht, einen Beitrag zu einer gesünderen Welt zu leisten. Und dies in enger Partnerschaft mit vernachlässigten Bevölkerungsgruppen vor Ort. Die RGS fördert die Karriere junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus aller Welt. Sie teilt den Grundsatz, dass man die Dinge nur gemeinsam verändern kann («mutual learning for change»). Dabei legt sie den Fokus auf vernachlässigte Krankheiten oder Armutskrankheiten, ohne aber vernachlässigte Menschen oder vernachlässigte Gesundheitssysteme ausser Acht zu lassen.

Stiftungsrat

- Prof. Dr. Marcel Tanner, Präsident des Stiftungsrats; Direktor emeritus Swiss TPH
- Prof. Dr. Christoph Bühler, Vizepräsident des Stiftungsrats; Advokat, LL.M.; Titularprofessor für Wirtschaftsrecht an der Universität Zürich; Managing Partner bei böckli bühler partner
- Beat Berger, Betriebsökonom HWV/MBA; Immobilien Treuhänder; Geschäftsführer Berger Liegenschaften AG
- Bernadette Peterhans, Leiterin, Professional Postgraduate Training, Swiss TPH, bis Dezember 2021
- Prof. Dr. Nicole Probst-Hensch, Leiterin Departement Epidemiology & Public Health, Swiss TPH, ab Januar 2022
- Stefan Mörgeli, Verwaltungsdirektor emeritus, Swiss TPH; Projektleiter Neubau Swiss TPH
- Jürg Toffol, Dipl. Architekt ETH SIA; Partner Itten+Brechbühl AG, Mitglied der Geschäftsleitung, Standortleiter Basel
- Prof. Dr. Jürg Utzinger, Direktor Swiss TPH

Geschäftsführung

- Dr. Lukas Meier, Geschäftsführer
- Margrith Slaoui, Assistentin des Präsidenten

FORSCHUNGSPARTNERSCHAFT

Die R. Geigy-Stiftung unterstützt Forschungs- und Umsetzungsprojekte an diversen Partnerinstitutionen rund um den Globus.

- Ifakara Health Institute (IHI), Tansania
- Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire (CSRS)
- Centre de Support en Santé Internationale (CSSI), Tschad

UNTERSTÜTZTE PROJEKTE

WISSENSCHAFT

Malaria

- Lorenz Hofer – Does malaria selectively disadvantage insecticide resistant mosquitoes?

HIV/Aids

- Ursula Wüthrich-Grossenbacher – Impact of beliefs on the outcome of HIV care in rural and urban Zimbabwe

Tuberkulose

- Martin Rohacek – Ultrasound in managing tuberculosis

Dengue-Fieber

- Frank Tenywa – Understanding Aedes aegypti to reduce dengue transmission in Tanzania

Vernachlässigte Krankheiten

- Mauro Bodio / Thomas Junghanss – Notfallmedizinische Behandlung von Gifttierunfällen – Entwicklung regionaler Smartphone-Apps zur Verbesserung der notfallmedizinischen Versorgung und Prävention von Schlangenbissen (VAPAGuide)

INFRASTRUKTURPROJEKTE

- Projekt zur Unterstützung der Labors am Ifakara Health Institute (IHI) in Bagamoyo
- Projekt zur Unterstützung des Spitals in Kitete, Tansania

FORSCHUNGSPREISE

- «R. Geigy-Prize MPH» der University of Health and Allied Sciences (UHAS), Ghana
- «R. Geigy-Prize for Applied Epidemiology» der University of Health and Allied Sciences (UHAS), Ghana



Dasypus nasutus



Hirundo

FIELD
Notes
EIN WISSENSCHAFTS-MAGAZIN DER



R. Geigy-Stiftung

c/o Schweizerisches Tropen- und
Public Health-Institut (Swiss TPH)
Socinstrasse 57, CH-4051 Basel
www.geigystiftung.ch