



MENSCHMIKROBE

Das Erbe Robert Kochs und die moderne Infektionsforschung

Inhalt

Grußwort	5
Panorama der Mikroben	6
Einführung	8
01. Robert Koch und seine Zeit <i>Die Krankheitserreger werden entdeckt</i>	10
02. Der Mensch und seine Mikroben <i>Der Organismus ist ein wandelnder Zoo</i>	16
03. Die Seuche kommt <i>Wie Epidemien entstehen</i>	22
04. Bedrohung aus dem Wasser <i>Die Ökologie der Infektionen</i>	28
05. Tropische Infektionen <i>Der Bruder der Krankheit ist die Armut</i>	32
06. Leben mit dem Erreger <i>Wenn ein ungebetener Gast nicht mehr geht</i>	38
07. Angesteckt im Krankenhaus <i>Die Behandlung als Risiko</i>	44
08. Neue Mittel für die Therapie <i>Der Wettlauf mit den Mikroben</i>	50
09. Ende einer Gefahr <i>Impfstoffe und die Ausrottung von Krankheiten</i>	54
10. Was kann ich tun? <i>Hygiene im Alltag</i>	58

Katalog zur Ausstellung „MenschMikrobe“ der
Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Robert Koch-Instituts

Berlin, 2010

ISBN: 978-3-89606-114-3

Printed in Germany

Grußwort

Vor hundert Jahren, am 27. Mai 1910, starb Robert Koch, der Mitbegründer der modernen Mikrobiologie. Wie wenige andere hat Koch nicht nur die Medizin, sondern auch unsere Vorstellungen von Gesundheit und Krankheit verändert. 1905 erhielt er für seine Entdeckung des Tuberkulosebazillus den Medizin-Nobelpreis.

Was sind Mikroben? Wie entstehen Infektionen? Wie lassen sich Seuchen kontrollieren? Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und das Robert Koch-Institut (RKI) haben im Jahr 2010 die Wanderausstellung „MenschMikrobe“ ins Leben gerufen, um einer breiten Öffentlichkeit Einblick in die rasante Entwicklung der Infektionsforschung seit Robert Koch zu geben – und in ihre gesellschaftliche Bedeutung im 21. Jahrhundert.

Als zentrale Förderorganisation für die Grundlagenforschung in Deutschland unterstützt die DFG viele hochkarätige mikrobiologische Forschungsprojekte. Das RKI – im Jahr 1891 mit Robert Koch als erstem Direktor gegründet – dient als eine der wichtigsten Einrichtungen für den öffentlichen Gesundheitsschutz der Überwachung und Verhütung von Infektionskrankheiten sowie der Analyse langfristiger gesundheitlicher Trends in der Bevölkerung. Gefördert worden ist die Ausstellung „MenschMikrobe“ dankenswerterweise durch den Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

Lassen Sie sich in den folgenden zehn Themenkapiteln dieses Ausstellungskatalogs durch die Welt der Mikroben führen – und freuen Sie sich auf ein Buch zum Lesen und Entdecken.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Kleiner
Präsident der Deutschen
Forschungsgemeinschaft

Prof. Dr. Reinhard Burger
Vizepräsident des
Robert Koch-Instituts



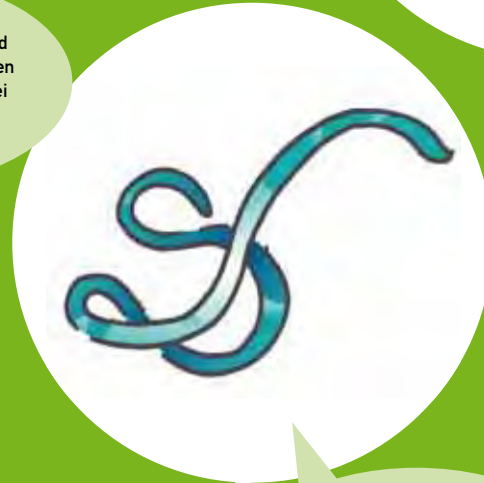
„Ich bin weit in der Umwelt verbreitet und fühle mich gerade an feuchten Orten pudelwohl; zur Gefahr werde ich jedoch meist nur für Patienten mit geschwächtem Abwehrsystem.“

Schimmelpilz Aspergillus



„Ich bin ein normaler Bewohner des Dickdarms und nutze meine langen rotierenden Geißeln zur Fortbewegung bei der Nahrungssuche.“

Kolibakterium



„Ich lebe in afrikanischen Flughunden und befallte den Menschen nur selten – doch wenn, bin ich in der Mehrzahl der Fälle für ihn tödlich.“

Ebolavirus

„Ich wandle mich ständig und kehre jedes Jahr in veränderter Form zurück.“

Grippevirus



„Ohrenschmerzen und Lungenentzündungen gehen häufig auf mein Konto; meine typische Form kommt zustande, weil ich immer paarweise mit einem Artgenossen zusammenliege.“

Pneumokokken-Bakterium



„Ich werde durch die Tsetse-Fliege übertragen; unternimmt man nichts gegen mich, führe ich einen tödlichen Dämmerzustand herbei.“

Erreger der Schlafkrankheit



„Die Infektion, die ich auslöse, nannte man früher schlicht ›die Franzosen‹; in Frankreich dagegen war das Leiden als ›italienische Krankheit‹ bekannt.“

Syphillis-Erreger



„Ich bin vor 40 000 Jahren entstanden und seither nicht nur dem Menschen, sondern auch Rindern, Ziegen, Seehunden und gelegentlich Papageien gefährlich geworden.“

Tuberkulosebakterium

Einführung

MenschMikrobe ist eine Kurzformel für eine schicksalhafte Gemeinschaft. Seit es den Menschen gibt, trägt er Bakterien und Viren, Pilze und Parasiten mit sich, auf seiner Haut, im Mund, im Darm. Manche Mikroben begleiten Homo sapiens seit seinem Auszug aus Afrika, andere haben die menschliche Bevölkerung erst in den letzten Jahrzehnten befallen. Die allermeisten Mikroben sind für den Menschen harmlos. Viele sind sogar nützlich. Nur die wenigsten machen krank.

Dann aber können sie zur Geißel werden. Immer wieder haben Seuchen wie Pest und Cholera, Malaria, Grippe oder AIDS die Menschheit bedroht – und die historischen Realitäten verändert. Die spätmittelalterliche Pest wurde in Europa zum kollektiven Trauma der Epoche. Die sozialen, politischen und ökonomischen Folgen von AIDS dagegen sind in ihrer Gänze noch immer nicht absehbar. Mikroben sind Akteure in der Menschheitsgeschichte.

Mikroorganismen sind per se weder gut noch böse. Bakterien beispielsweise bevölkern die Erde seit Jahrmilliarden und sind im Laufe der Evolution in den unterschiedlichsten ökologischen Nischen heimisch geworden – auch der menschliche Körper ist für sie ein natürlicher Lebensraum. Man schätzt, dass es in den verschiedenen Ökosystemen möglicherweise mehrere Millionen unterschiedlicher Bakterienspezies gibt. Nur rund 5 000 von ihnen sind bekannt, von denen wiederum nur etwa 200 krank machen. Freilich sind es genau diese Mikroben, die für die Infektionsmedizin eine so große Bedeutung besitzen.

Als Krankheitserreger identifiziert wurden Mikroorganismen im 19. Jahrhundert, in der Zeit Robert Kochs. Koch gelangte durch die Entdeckung des Tuberkulosebazillus zu Weltruhm – und verhalf der modernen Mikrobiologie zum Durchbruch. Mit neuen Mikroskopiertechniken und Züchtungsmethoden haben Robert Koch und seine Zeitgenossen die Mikroben im Labor sichtbar und fassbar gemacht. Noch heute, hundert Jahre nach Kochs Tod, sind unsere Vorstellungen von Gesundheit und Krankheit entscheidend durch die Forschungsergebnisse aus seiner Ära geprägt.

Was sind Mikroben? Wie entstehen Seuchen? Wie lassen sich Infektionen kontrollieren? Viele Antworten, die zu Kochs Zeiten darauf gefunden wurden, sind weiterhin gültig. Vieles andere, was man inzwischen über die Erreger von Infektionskrankheiten und ihre Strategien weiß, ist überraschend und neu. Das Bild vom fortgesetzten Wechselspiel zwischen den Mikroorganismen und dem menschlichen Körper hat durch die rasante Entwicklung der Infektionsforschung an Komplexität – und Schärfe – gewonnen.

Die folgenden Kapitel greifen diese Perspektive auf und spannen einen Bogen von der Entdeckung der Mikroben durch Robert Koch und seine Zeitgenossen zu den Herausforderungen der heutigen Infektionsmedizin. Dabei geht es ebenso um die natürlichen Aufgaben der Körperflora wie um die sozialen und ökologischen Ursachen der Seuchen, den Stellenwert und die Grenzen der Antibiotikatherapie und die Möglichkeiten der Krankheitsverhütung. Die Beziehung zwischen Mensch und Mikrobe hat an Spannung nichts verloren.

1

ROBERT KOCH UND SEINE ZEIT

Die Krankheitserreger werden entdeckt



Im 19. Jahrhundert werden erstmals die Erreger von Infektionskrankheiten dingfest gemacht. Robert Koch entdeckt den Tuberkulosebazillus und enträtselt damit eine der häufigsten Seuchen der Zeit. Eine ganz neue Wissenschaft entsteht: die Bakteriologie. Praktisch zeitgleich wird der Erreger der Malaria gefunden, die zu den wichtigsten Parasitenerkrankungen zählt. Noch vor Kochs Tod im Jahr 1910 mehren sich zudem die Belege, dass es neben Bakterien und Parasiten einen weiteren, geheimnisvollen Erregertyp gibt – Viren.

Das Rätsel der Tuberkulose

Die Zeiten Robert Kochs sind Zeiten der Tuberkulose – der „weißen Pest“. Um 1880 stirbt in Deutschland jeder Siebte an der Seuche, die vor allem in den ärmeren Vierteln der expandierenden Städte grasst. Ihre Ursachen aber liegen im Dunkeln. Ungünstiges Klima, eine erbliche Krankheitsneigung und soziales Elend gelten als Auslöser, aber auch Luxus und Verweichlichung. Manche der besten medizinischen Köpfe der Zeit, allen voran der berühmte Berliner Arzt Rudolf Virchow, halten die Schwindsucht nicht einmal für eine Infektionskrankheit.

Es ist ein Paukenschlag, als Robert Koch im Jahr 1882 entdeckt, dass sich die rätselhafte Erkrankung auf einen mikroskopisch kleinen Organismus zurückführen lässt – den Tuberkelbazillus. Seine bemerkenswerte Entdeckung verändert die Medizin.

Koch ist zu dieser Zeit 39 Jahre alt, ein leidenschaftlicher Forscher, bedientet am Kaiserlichen Gesundheitsamt in Berlin. Nach fast 300 Experimenten gelingt es ihm, winzige, stäbchenförmige Gebilde in den Gewebeproben von tuberkulosekranken Patienten durch eine spezielle Färbung sichtbar zu machen. Zusammen mit dem Königsberger Mediziner Paul Baumgarten, der zeitgleich ähnliche, allerdings weniger stringente Versuche unternimmt, ist Koch der Erste überhaupt, der die Tuberkulosebakterien unter seinem Mikroskop sieht. Fieberhaft züchtet er im Labor die aufreibend langsam wachsenden Bazillen. Schließlich kann er zeigen, dass Reinkulturen der Bakterien bei Versuchstieren wiederum Tuberkulose verursachen.

Als Koch seine Ergebnisse am 24. März 1882 in einem berühmt gewordenen Vortrag vor der Berliner Physiologischen Gesellschaft präsentiert, bleibt das sonst



Gemälde von Max Pietschmann aus dem Jahr 1896, akg-images

Mikrobenjagd als Lebensthema: Robert Koch mit Assistent im Labor.

kritiklustige Publikum stumm. Zu erdrückend scheinen die Beweise, zu perfekt die Beweisführung. Koch hat zahllose mikroskopische Präparate für seine Zuhörer ausgelegt, darunter Gewebeproben der von ihm experimentell mit Tuberkulose infizierten 172 Meerschweinchen, 32 Kaninchen und fünf Katzen. Die Ursache der wichtigsten Seuche des Jahrhunderts steht mit einem Schlag außer Frage – womit auch ihre Bekämpfung plötzlich in greifbare Nähe rückt. Schon Wochen später ist Kochs faszinierender Fund weltweit bekannt.

Robert Koch und die mikrobiologische Revolution

Die Entdeckung des Tuberkulose-Erregers markiert zugleich den Durchbruch einer ganzen Forschungsdisziplin – der Bakteriologie. Was macht krank? Diese Frage kann die Bakteriologie auf neue Art beantworten. Hatte man früher Ausdünstungen der Erde als Ursache ansteckender Leiden vermutet – das italienische „mal'aria“ bedeutet „schlechte Luft“ –, gelten nun winzig kleine Keime als Krankheitsauslöser. Spätestens seit Mitte des 19. Jahrhunderts steht die Idee im Raum, doch bleibt zunächst unklar, wie die mutmaßlichen Erreger beschaffen sein könnten, welche Rolle sie im Einzelnen spielen – und welche Arten von Mikroben es überhaupt gibt. Erst Robert Koch und seine Kollegen sollen dem Feld ein experimentelles Fundament verleihen.

Koch nutzt dazu ein ganzes Repertoire von Methoden, die er teils von anderen übernimmt und weiterentwickelt, teils selber erfindet. In den 1870er-Jahren – Koch ist noch Landarzt und verfügt nur über ein dürftig bestücktes Labor im Wohnhaus – experimentiert er bereits intensiv mit der Färbung von Bakterien, führt neuartige mikroskopische Techniken ein und fotografiert als Erster die Keime durch sein Mikroskop hindurch, um ihre Identität zweifelsfrei zu dokumentieren. Zugleich prüft er Hypothesen über die krankheitsauslösende Rolle der Mikroben konsequent im Tierversuch.

Kurz nach dem Wechsel ans Kaiserliche Gesundheitsamt in Berlin, Anfang der 1880er-Jahre, gelingt Koch seine vermutlich weitreichendste Innovation – ein bis heute genutztes Verfahren zur Kultivierung von Bakterien. Koch stellt dazu mit Gelatine, später mit dem Algenextrakt Agar-Agar, feste Nährbodenplatten her, auf denen er geringe Mengen von erregertem Material mit einem feinen Platindraht verteilt. Die Methode ist simpel, aber genial. Denn auf den Koch'schen Nährböden wachsen die Mikroben in leicht isolierbaren Kolonien. Erstmals lassen sich nun ohne größeren Aufwand bakterielle Reinkulturen im Labor züchten – und einzelne Spezies gezielt erforschen.

„Das ist ein großer Fortschritt, Monsieur“, applaudiert auf dem interna-

tionalen Medizinkongress 1881 der berühmte Franzose Louis Pasteur, neben Koch der wichtigste Mikrobiologe des 19. Jahrhunderts. Am Vorabend der Entdeckung des Tuberkelbazillus hat Koch sein bakteriologisches Rüstzeug beisammen. Ein einzigartiges Forschungsprogramm ist nun auf dem Weg.

Mikroben, Mücken und Malaria

Pest, Typhus und Ruhr, Diphtherie und Tetanus, Syphilis und Keuchhusten: Für die meisten bedeutenden Bakterien-erkrankungen werden in der Ära Kochs spezifische Erreger dingfest gemacht. Koch selbst kann – neben der Tuberkulose – auch für Milzbrand, verschiedene Wundinfektionen und Cholera eine eindeutige bakterielle Ursache nachweisen. Seine Schüler sowie zahlreiche andere Forscher klären in rascher Folge weitere wichtige Bakterieninfektionen auf. Die junge Bakteriologie ist innerhalb weniger Jahre eine der dominierenden medizinischen Disziplinen.

Zugleich wird schnell klar, dass Bakterien keineswegs der einzige Typ von krankmachenden Mikroben sind. Im Jahr 1880 entdeckt der in Algerien stationierte französische Militärarzt Alphonse Laveran im Blut eines fieberkranken Patienten erstmals den Malaria-Erreger. Der einzellige Parasit zählt zu den so genannten Urtieren und besitzt anders als die archaischen Bakterien bereits einen Zellkern. Kurz vor der Jahrhundertwende ent-

schlüsselt dann der Brite Ronald Ross den Lebenszyklus des Erregers und weist seine Übertragung durch Mücken nach. Wie Koch erhalten auch Laveran und Ross für ihre Entdeckungen später den Medizin-nobelpreis.

Kleiner als klein: Viren

Noch ein weiterer Erregertyp macht um 1900 von sich reden: Viren. Erste Belege für ihre Existenz finden sich bei Tabakpflanzen mit der so genannten

Mosaikkrankheit, wenig später bei Tieren mit Maul- und Klauenseuche. So entdecken zwei Schüler Robert Kochs, Friedrich Loeffler und Paul Frosch, dass die Lymphflüssigkeit befallener Tiere auch dann noch infektiös ist, wenn sie zuvor mit einem speziellen Bakterienfilter gereinigt wurde. Die Folgerung liegt auf der Hand: Der verantwortliche Seuchenkeim muss deutlich kleiner sein als die Bakterien, weshalb er ungehindert die Poren des Mikrobenfilters passiert. Bereits

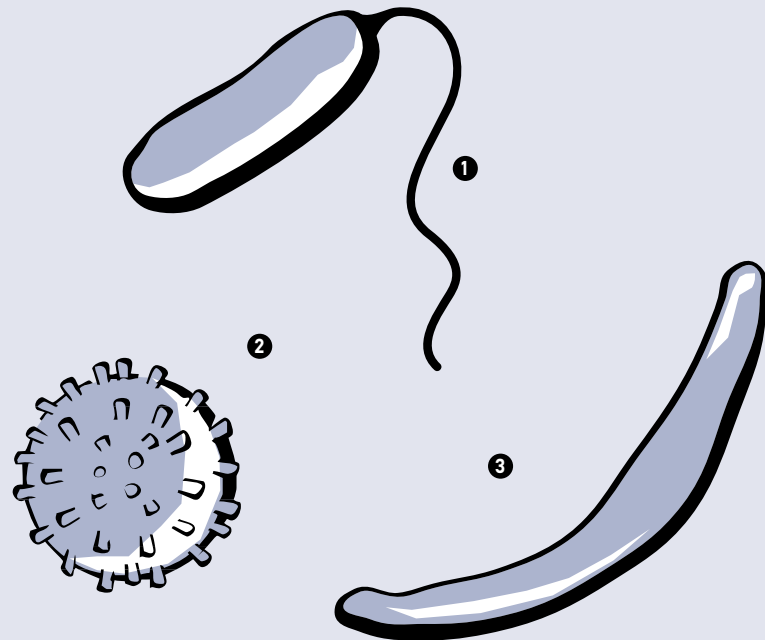
Loeffler und Frosch vermuten, dass auch die Auslöser von damals unerklärlichen Infektionen wie Pocken, Grippe oder Masern zur Gruppe dieser aller kleinsten Krankheitserreger gehören – eine Annahme, die sich später bewahrheiten soll. Allerdings bleiben die Hinweise auf die viralen Erreger noch geraume Zeit indirekt. Sichtbar werden sie erst in den 1930er-Jahren, nach Entwicklung des Elektronenmikroskops. Seither steht auch die Welt der Viren für das Auge offen. □

Wichtige Erregertypen

1) Bakterien (hier ein Schema des Cholera-Erregers) sind archaische einzellige Organismen. Die Urformen der Bakterien entstanden vermutlich vor mehreren Milliarden Jahren. Bakterien sind zumeist ein bis zehn Mikrometer lang, das heißt auf einen Zentimeter passen 1000 bis 10 000 Bakterien. Einige Bakterien besitzen lange, rotierende Geißeln, mit denen sie sich ähnlich wie mit einer Schiffsschraube fortbewegen.

2) Viren sind typischerweise noch etwa 50-mal kleiner als Bakterien. In ihrer einfachsten Form bestehen sie nur aus einer geringen Menge genetischen Materials und einer Hülle aus Eiweiß. Viren können sich nicht allein vermehren und benötigen dazu die Hilfe der infizierten Wirtszelle.

3) Parasiten (hier der einzellige Malaria-Parasit) sind deutlich größer und komplexer als Bakterien. Sie besitzen einen Zellkern, in dem das genetische Material enthalten ist. Auch vielzellige Organismen wie beispielsweise Bandwürmer zählen zu den Parasiten.



Lebensstationen Robert Kochs

1843

Heinrich Hermann Robert Koch wird am 11. Dezember in Clausthal im Harz als drittes von 13 Kindern eines aufstrebenden Bergmanns und späteren Bergwerkverwalters geboren.

1862-66

Koch studiert Naturwissenschaften und Medizin in Göttingen und wird Arzt.

1867

Heirat mit Emmy Fraatz; im folgenden Jahr kommt Kochs einziges Kind Gertrud zur Welt.

1878

Koch führt neuartige Mikroskoptechnologien, die so genannte Öl-Immersion-Linse und den Abbe-Kondensor, in die Bakteriologie ein und erzielt deutlich verbesserte mikroskopische Bilder.

1877

Veröffentlichung der weltweit ersten Mikrofotografien von Bakterien.

1840



Robert Koch als Primaner im Jahr 1861 (1), kurz nach seiner Entdeckung des Tuberkulosebakteriums (2) sowie 1896 in einem Labor in Kimberley, Südafrika (3). Auf Einladung der britischen Regierung betrieb Koch hier Forschungen zur Rinderpest. Dagegen ging er bei seiner Expedition am Victoriasee in den Jahren 1906/07 dem Entwicklungszyklus des Schlafkrankheits-Erregers nach (4). Das Bild zeigt Koch zusammen mit seinem Assistenten Friedrich Karl Kleine beim Entnehmen einer Blutprobe bei einem erlegten Krokodil. Koch, der ein guter Schütze war und einige Krokodile selbst schoss, vermutete, dass die Echsen ein wichtiges Reservoir für die von Tsetse-Fliegen übertragenen Schlafkrankheits-Erreger sind. Allerdings werden Krokodile nur von einem verwandten Parasiten befallen. Für die Schlafkrankheit des Menschen spielen sie keine Rolle.



1870

Im Deutsch-Französischen Krieg meldet sich Koch freiwillig zum Sanitätsdienst.

1872

Koch wird Amtsarzt in Wollstein, einem Landstädtchen in der Provinz Posen im heutigen Polen.

1876

Koch entdeckt, dass Milzbrandbakterien extrem widerstandsfähige Dauerformen, so genannte Sporen, bilden, die jahrelang in der Umwelt überleben. Das erklärt, warum Milzbrand – eine damals weit verbreitete Viehseuche, die bisweilen auch den Menschen befällt – immer wieder von bestimmten Weiden auf die Tiere überspringt. Mit seiner Milzbrandstudie räumt Koch praktisch alle Zweifel aus, dass ansteckende Krankheiten durch Bakterien verursacht werden können.

1880

Berufung ans Kaiserliche Gesundheitsamt in Berlin.

1881

Koch entwickelt eine bahnbrechende Technik zur Kultivierung von Bakterien auf speziellen Nährböden.

1882

Koch identifiziert den Tuberkulose-Erreger. Im selben Jahr führt er eine heftige Kontroverse mit dem französischen Mikrobiologen Louis Pasteur. Koch erkennt den Nutzen einer von Pasteur eingeführten Milzbrand-Impfung zunächst nicht an; später kommt es zur Annäherung der beiden Forscher.

1891

Das Königlich Preußische Institut für Infektionskrankheiten in Berlin, das heutige Robert Koch-Institut, wird mit Koch als erstem Direktor eröffnet.

1892

Bei der Cholera-Epidemie in Hamburg weist Koch die Bedeutung der Trinkwasseraufbereitung für die Seuchenkontrolle nach.

1893

Scheidung von Emmy Koch; Heirat mit der 20-jährigen Hedwig Freiberg.

1906/07

Koch leitet die deutsche Schlafkrankheits-Expedition in Deutsch-Ostafrika.

1908

Weltreise in die USA, nach Hawaii und Japan.

1920

1885

Koch wird Professor für Hygiene an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin.

1883/84

Forschungsexpedition nach Ägypten und Indien, wo Koch das Cholera-Bakterium als Auslöser der Durchfallseuche nachweist.

1890

Koch präsentiert ein vermeintliches Heilmittel für Tuberkulose, das Tuberkulin. Die aus abgetöteten Tuberkulosebakterien hergestellte Substanz erweist sich für die Diagnose der Krankheit als wertvoll, für die Therapie aber als nutzlos – die schwerste Enttäuschung im Leben von Koch.

1896–1900

Koch führt weltweite Expeditionen zur Erforschung von Rinderpest, Pest und Malaria durch.

1910

Robert Koch stirbt am 27. Mai in Baden-Baden. Seine Urne wird im Mausoleum des heutigen Robert Koch-Instituts beigesetzt.

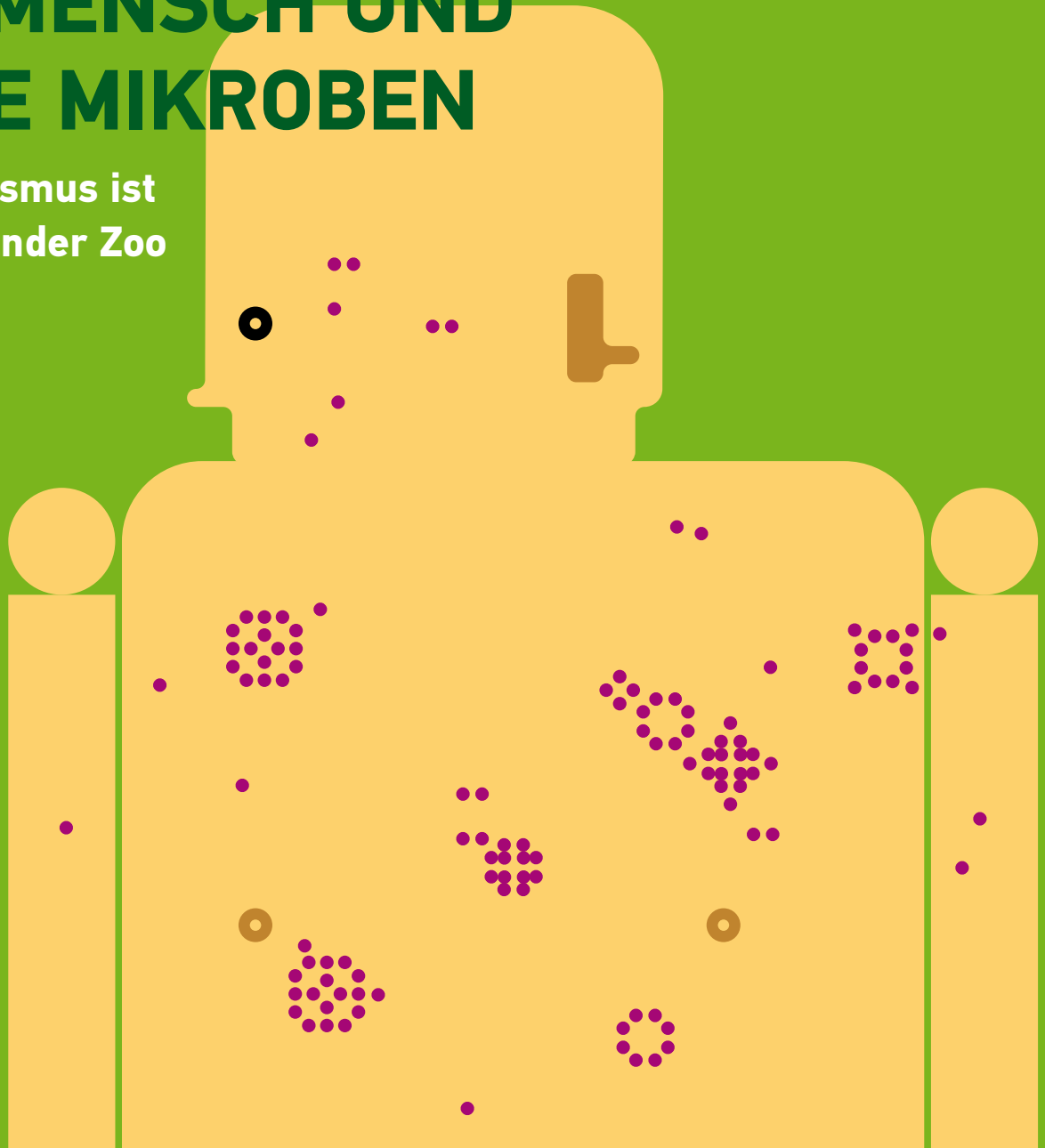
1905

Für seine Entdeckung des Tuberkulose-Erregers erhält Koch den Medizinnobelpreis.

2

DER MENSCH UND SEINE MIKROBEN

Der Organismus ist ein wandelnder Zoo



Der menschliche Körper beherbergt schätzungsweise hundert Billionen (10^{14}) Mikroben. Das sind zehn Mal so viele, wie der Organismus Zellen besitzt. Die Mikroben leben auf der Haut, in Mund und Nase und im Darm. Viele von ihnen sind nützliche Gäste und spielen etwa bei der Verdauung von Kohlenhydraten oder der Stimulation des Immunsystems eine wichtige Rolle. Andere sind nur blinde Passagiere – oder aber potenziell gefährliche Keime. Tatsächlich sind manche aggressiven Erreger eng mit der normalen Körperflora verwandt. Zwischen Gesundheit und Krankheit ist oft nur ein schmaler Grat.

Vielvölkerstaat Mensch

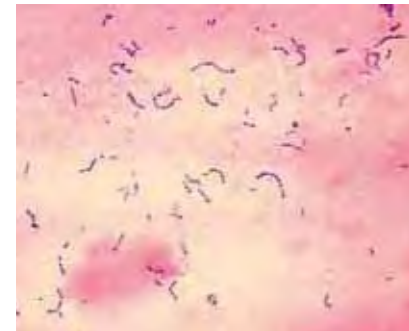
Der Mensch ist keimfrei bis zu seiner Geburt – dann aber wird er umgehend von zahlreichen Mikroben besiedelt. Bereits bei der Entbindung gelangen Bakterien von der Mutter auf die Haut des Kindes, kurz darauf mit der Muttermilch in den Darm. Im Laufe der Zeit entwickelt jeder Mensch eine komplexe und individuell typische Flora aus schätzungsweise hundert Billionen (10^{14}) Mikroben. Das sind zehn Mal so viele, wie der Organismus Zellen besitzt. Der Mensch ist ein wandelnder Zoo.

Zu finden sind die Mikroben – vor allem Bakterien, aber auch manche Pilze und Viren – auf der Haut, in Mund und Nase sowie insbesondere im Darm. Der Dickdarm zählt mit mehreren hundert Bakterienspezies zu den am dichtesten besiedelten bakteriellen Lebensräumen überhaupt. Auf ein Gramm Darminhalt



Zahnkaries wird hauptsächlich durch Bakterien ausgelöst. Die Mikroben bilden fest haftende Zahnbeläge und verwandeln Zucker in Säure, die den harten Schmelz zersetzt. Wichtigster Karieskeim ist *Streptococcus mutans*. Das Bakterium formt in Laborkulturen typische Erregerketten.

kommen viele Milliarden Bakterien, die komplexe Lebensgemeinschaften bilden und zusammen weit mehr als hundert Mal so viele verschiedene Gene besitzen wie der Mensch selbst. Über Signalstoffe kommunizieren und kooperieren die Mikroben des Darms sowohl untereinander als auch mit ihrem menschlichen Wirt.



Bilder: S. Redel, fotolia; CDC

Der Körper delegiert Aufgaben an seine Mikroben

Viele Mikroben des Menschen sind nützlich. Beispielsweise produzieren Darmbakterien bestimmte Vitamine und Aminosäuren und zerlegen komplexe pflanzliche Kohlenhydrate. Tatsächlich fehlen dem Menschen die meisten Enzyme, die

für den Abbau pflanzlicher Fasern notwendig sind – während die Mikroben im Darm reichlich darüber verfügen. Durch ihre Stoffwechselleistung steigt die Effizienz der Nahrungsverwertung. Auch die Entstehung von Übergewicht und damit einhergehenden Stoffwechselproblemen könnte teilweise von der Zusammensetzung der Darmflora abhängen.

Ihr Effekt geht indes über die bloße Nährstoffverwertung hinaus. So dienen typische Stoffwechselprodukte der Darmflora – die kurzkettigen Fettsäuren – nicht nur als Energiequelle für die Schleimhautzellen im Darm, sondern stimulieren vermutlich auch ihr Wachstum und stärken die Schleimhautbarriere gegen Krankheitserreger. Ähnliches gilt für die Mikroben der Haut: Sie bauen Hauttalg zu Fettsäuren ab und bilden dadurch einen schützenden Säuremantel, der das Wachstum vieler Erreger verhindert.

Wechselspiele: Mikroben und Immunsystem

Mikroben sind beides: Partner und Gegenspieler des Abwehrsystems. Einerseits ist eine stabile Körperflora ein Schutzschild. Durch eine Art ständigen Verdrängungswettbewerb verhindert sie, dass krankmachende Keime im Organismus Fuß fassen – ein als Kolonisationsresistenz bezeichnetes Phänomen. Viele Körperbakterien bilden Abwehrstoffe (Bakteriozine) gegen mikrobielle Mitbewerber. Zudem scheinen manche Mi-

kroben ganz gezielt die Immunantwort des Körpers zu stimulieren – von einigen Wurmparasiten nimmt man sogar an, dass sie die Regulation des Immunsystems dauerhaft beeinflussen und die Entstehung allergischer Reaktionen unterdrücken. Gestiegene Hygienestandards und verminderter Wurmbefall in Industrieländern könnten demnach zur Verbreitung von Allergien beigetragen haben.

Andererseits aber finden sich in der normalen Flora des Menschen auch Mikroben, die Schwächen seines Immunsystems konsequent ausnutzen. So führt der Hefepilz *Candida*, der oft als unbemerkter Gast auf Haut oder Schleimhäuten siedelt, bei geschwächter Abwehrlage zu Infektionen etwa in Mund oder Scheide. Auch das Herpes-Virus gehört zu den lauernden Begleitern des Menschen. Die meisten sind mit ihm infiziert, ohne davon Notiz zu nehmen. Lebenslang kann das Virusgenom im Zellkern bestimmter Nervenzellen überdauern. Wird der Erreger reaktiviert, beispielsweise durch Hormonschwankungen oder Stress, blüht die Infektion neu auf, im häufigsten Fall mit entzündeten Bläschen an der Lippe.

Zwar verfügt das Immunsystem über zahlreiche Mechanismen, um die Vermehrung von Krankheitskeimen zu stoppen. Abwehrzellen und Antikörper sorgen dabei für eine gezielte und abgestimmte Immunreaktion. Doch haben viele Erreger ihrerseits in der Evoluti-

KOLIBAKTERIEN *Escherichia coli*

lebt im Dickdarm (Kolon) von Menschen und warmblütigen Tieren • ist dank zahlreicher Geißeln (Flagellen) sehr mobil • produziert Vitamin K • kommt auch in vielen krankmachenden Varianten vor • dient zur gentechnischen Herstellung von Insulin • wurde von dem Kinderarzt Theodor Escherich 1885 entdeckt



CANDIDA ALBICANS

zählt zu den Hefepilzen • lebt auf Haut und Schleimhäuten von Menschen und warmblütigen Tieren • verursacht bei Abwehrschwäche Infektionen etwa in Mund oder Scheide • kann bei Tumor- oder AIDS-Patienten lebensbedrohlich werden



HERPES *Herpes-simplex-Virus*

kommt in zwei Typen vor • löst Lippen- und Genitalherpes aus • nistet sich nach einer akuten Infektion in Nervenzellen ein • kann lebenslang im Organismus überdauern • lässt sich bei rund 80 % der Bevölkerung nachweisen • ist mit den Windpocken-Viren verwandt



on Strategien entwickelt, um sich der Körperpolizei zu entziehen. Manche Mikroben bilden Schutzkapseln, die sie vor Fresszellen bewahren. Andere sind in der Lage, in Körperzellen einzudringen und sich dort vor der molekularen Ortung durch das Immunsystem zu verstecken. Wieder andere greifen die Abwehrzellen selber aktiv an. Meist behält das Immunsystem in diesem Katz-und-Maus-Spiel die Oberhand – wenn nicht, wird der Mensch krank.

Die Guten und die Bösen

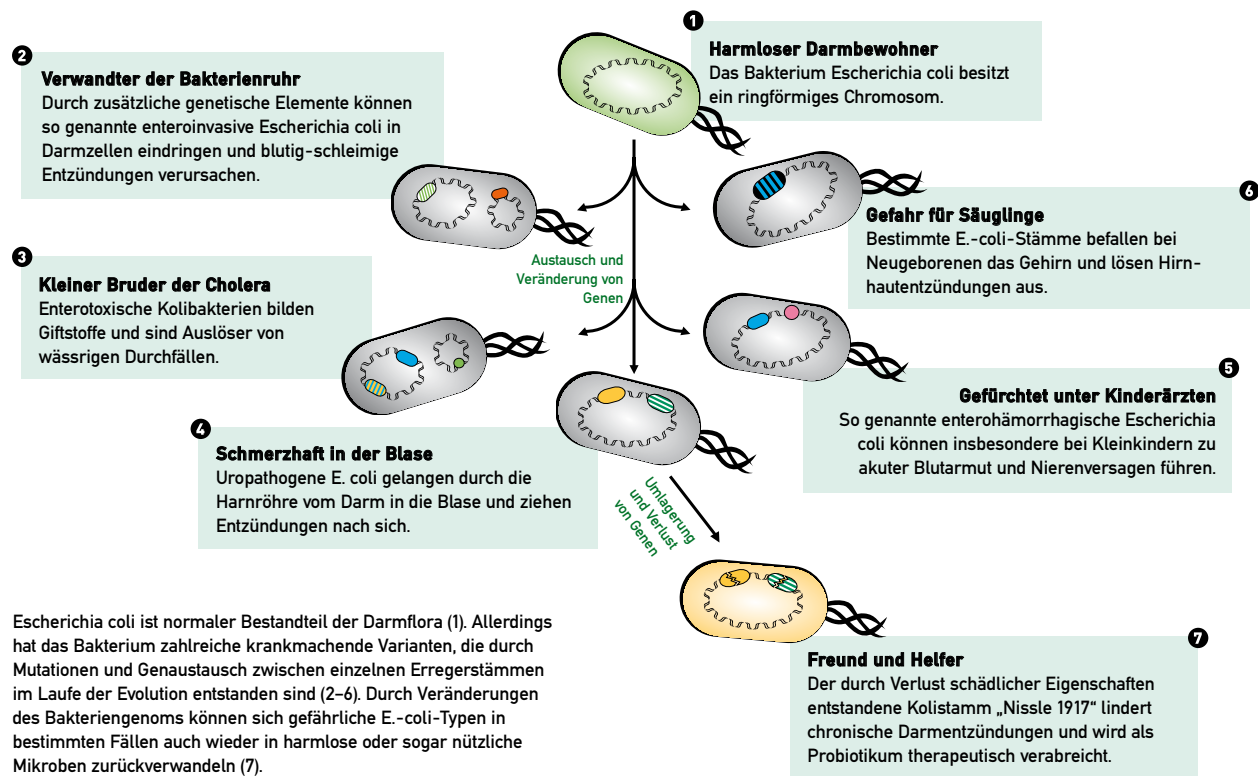
Zwischen Gesundheit und Krankheit ist oft nur ein schmaler Grat. Einerseits kann

beispielsweise die Schleimhautbarriere des Körpers geschwächt sein – dann dringen Bakterien wie Meningokokken aus dem Rachen oder Staphylokokken aus der Nase ins Körperinnere ein und führen teils verheerende Erkrankungen herbei. Andererseits können auch die Mikroben selbst gefährlicher werden, indem sie neue genetische Eigenschaften erwerben. So kommen die normalen Kolibakterien des

Dickdarms auch in vielen krankmachenden Varianten vor, die durch Mutationen und den Austausch von Genen entstanden sind. Die Mikroben können Gene beispielsweise über besondere Zellplasma- brücken untereinander weitergeben. Auch bestimmte Viren, die Bakterien als Wirtszellen nutzen (Bakteriophagen), verschleppen genetische Elemente von einer Mikrobe zur nächsten. Das Genom der Koli-

bakterien unterliegt dadurch einem ständigen Umbau – aus unschädlichen Mikroorganismen wurden im Laufe der Evolution aggressive Erreger. Doch auch der umgekehrte Fall kommt vor: Dass sich gefährliche Keime wieder in nützliche Helfer zurückverwandeln. Im Wechselspiel von Mensch und Mikrobe wird die Grenze zwischen Wohl und Wehe stets von neuem verhandelt. □

Die vielen Gesichter der Kolibakterien



Wer lebt hier?

In den Talgdrüsen der behaarten Kopfhaut lebt der Hefepilz **Malassezia** – in der Regel unbemerkt. Gelegentlich kann er eine so genannte Kleinflechte auslösen, eine harmlose, nicht ansteckende Hautpilz-erkrankung.

Auf der Stirn hausen **Corynebakterien**, die talgreiche Orte lieben. Die Mikroben spalten Hauttalg zu Fettsäuren und tragen dadurch zum Säureschutzmantel des Körpers bei.

Herpesviren überdauern oft lebenslang in einem tief im Schädelknochen gelegenen Nervenknoten des Gesichtsnerven. Werden Virusgene aktiviert, wandern neu gebildete Viruspartikel entlang der Nervenfasern an die Hautoberfläche und rufen typischerweise Lippenherpes hervor.

In den fettreichen Regionen des Gesichts, z. B. auf den Nasenflügeln, findet sich **Propionibacterium acnes**. Das Bakterium spielt bei der Pickelbildung eine maßgebliche Rolle.

Der Karieskeim **Streptococcus mutans** lebt im Zahnbelag. Das Bakterium verwandelt Zucker in Säure – die Hauptursache der Karies.

Der Auflöser des Magengeschwürs, **Helicobacter pylori**, findet sich bei rund der Hälfte der Menschen in der Schleimhaut des Magens. Helicobacter hat sich in der Evolution an das extrem saure Magenmilieu angepasst und kann hier lebenslang überdauern.

In den Achselhöhlen hausen Mikroben vom Typ **Brevibacterium**. Durch Zersetzung bestimmter Substanzen im Schweiß verursachen sie den typischen Körpergeruch.

In trockenen Hautregionen, etwa auf der Innenseite der Unterarme, leben vergleichsweise wenige Mikroben. Zu ihnen gehören **Propionibakterien** und **Staphylokokken**.

Zur Flora des Dickdarms zählt **Methanobrevibacter**. Die Mikrobe bildet aus Wasserstoff und Kohlendioxid Methan. Der Keim kommt auch in der Vagina und der Zahnflora vor.

Die Vagina ist intensiv mit **Laktobazillen** besiedelt. Die Milchsäurebildner sorgen für das besonders saure und gegen viele Krankheitserreger schützende Scheidenmilieu.

Feuchte Hautfalten, z. B. in der Leiste oder am Po, beherbergen nicht selten den Hefepilz **Candida**. Bei geschwächter Abwehrlage kann er eine Infektion mit rötlichen Eiterbläschen hervorrufen.

Der Fußpilz-Erreger **Trichophyton** lebt gerne zwischen den Zehen und auf den Fußsohlen. Die Infektion wird durch pilzhaltige Hautschuppen übertragen, z. B. beim Barfußgehen in Schwimmbädern

In feuchten Hautregionen wie der Fußsohle fühlt sich **Staphylococcus epidermidis** wohl. Das Bakterium wirkt regulierend bei Entzündungen der Haut. Gelangt es jedoch ins Blut, führt es besonders bei Krankenhauspatienten zu schweren Infektionen.

3

DIE SEUCHE KOMMT

Wie Epidemien entstehen



Jeden Winter gibt es die Grippe. Der Grund: Das Grippevirus entwickelt sich genetisch ständig fort und unterläuft dadurch stets von neuem das Immunsystem. Allerdings unterscheiden sich die Erreger der saisonalen Wintergrippe von Jahr zu Jahr nur vergleichsweise leicht. Bei einer so genannten Grippe-Pandemie dagegen springt ein komplett neues Virus von Tieren auf den Menschen über. Auch bei anderen Infektionen – darunter AIDS oder SARS – sind Tiere die Quelle von unerwarteten Epidemien gewesen. Eindämmen lassen sich plötzliche Infektionsgefahren nur durch ein international abgestimmtes Netzwerk zur Seuchenkontrolle.



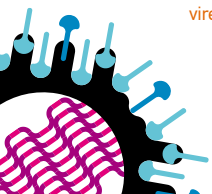
contrastwerkstatt, fotolia

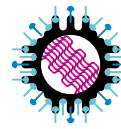
Durch Niesen oder Husten, aber auch durch Händekontakt oder infizierte Gegenstände können sich Grippeviren von Mensch zu Mensch verbreiten. Das Niesen ins Taschentuch verringert das Übertragungsrisiko.

Die jährliche Wiederkehr eines Erregers

Zu den bekanntesten Seuchen überhaupt zählt die Grippe. Jeden Winter kehrt das Grippevirus zurück, kursiert einige Monate in der Bevölkerung und verschwindet wieder. Schätzungsweise 8 000 bis 11 000 Todesfälle, vor allem unter älteren und chronisch kranken Menschen, gehen jährlich in Deutschland auf das Konto der winterlichen Seuche.

Die Gründe, dass es die Grippe hierzulande im Sommer nicht gibt, sind vielfältig. So ist der Erreger bei wärmeren Temperaturen weniger stabil. Auch funktioniert die Abwehr in den Atemwegen während der Sommermonate besser. In subtropischen und tropischen Regionen ohne starken Jahreszeitenwechsel dagegen zirkulieren die Grippeviren vermutlich das ganze Jahr. Man nimmt an, dass es in Ländern nahe des Äquatorgürtels





und insbesondere in Südostasien ständig kleinere Grippe-Epidemien gibt. Dabei entstehen durch genetische Mutationen immer wieder leicht veränderte Virusvarianten. Ausgestattet mit neuem Gesicht, kann der Erreger das menschliche

hervorstechenden Merkmale – und der Grund, dass für jede Grippezeit ein neuer Impfstoff entwickelt werden muss. Gleichwohl unterscheiden sich die Erreger der saisonalen Wintergrippe von Jahr zu Jahr nur vergleichsweise leicht. Anders ist das Bild bei einer so genannten Influenza-Pandemie: Hierbei taucht ein komplett neues und für das menschliche Immunsystem unbekanntes Virus auf, das sich schnell und ohne Abhängigkeit von den Jahreszeiten um den Globus verbreitet.

Ursprünglich stammen solche Pandemie-Erreger von Tieren. So zirkulieren Influenzaviren bei Wasservögeln sowie Hausgeflügel und Schweinen und unterliegen – wie die menschlichen Grippe-Erreger – einer ständigen molekularen Evolution. Wenn zwei Viren dieselbe Zelle befallen, können sie zudem ihre Gene frei untereinander austauschen. Schätzungsweise einmal in mehreren Jahrzehnten entsteht auf diese Weise ein genetisch neu gemixter Erreger, der auf den Menschen überspringt und eine Pandemie zur Folge hat.

Dreimal im 20. Jahrhundert war dies der Fall: Bei der „Hongkong-Grippe“ im Jahr 1968, der „Asiatischen Grippe“ 1957 sowie der berüchtigten „Spanischen Grippe“ von 1918/19, die weltweit über 25 Millionen Menschen das Leben kostete. Auslöser damals war ein Erreger von Vögeln, aus dem zahlreiche sowohl an Menschen als auch Schweine angepasste

Viren im Lauf des Jahrhunderts hervorgingen. Einer der Abkömmlinge, ein amerikanisches Schweinevirus, kombinierte sich kürzlich mit einem bei europäischen Borstentieren zirkulierenden Grippe-Erreger – und löste dadurch im Frühjahr 2009 in Mexiko und den USA die so genannte Neue Influenza, die „Schweinegrippe“ aus. Diese jüngste Pandemie

SARS SARS-Coronavirus

befällt die Lunge und ist in jedem zehnten Fall tödlich • wurde im Jahr 2003 entdeckt • hat sich von Fledermäusen auf den Menschen übertragen • hat bisher nur eine Epidemie ausgelöst



MILZBRAND Bacillus anthracis

ist vor allem als Seuchenauslöser beim Vieh bedeutsam • kann in Form von so genannten Bakteriensporen jahrelang in der Umwelt überdauern • wurde im Zusammenhang mit bioterroristischen Anschlägen in den USA bekannt • wurde bereits von Robert Koch erforscht • lässt sich mit Penicillin bekämpfen



PEST Yersinia pestis

ist eines der tödlichsten Bakterien • hat seit der Antike drei verheerende Pandemien ausgelöst • kommt bei vielen wild lebenden Nagetieren vor • wird durch den Stich des Rattenflohs auf den Menschen übertragen • befällt etwa die Haut-Lymphknoten (Beulenpest) und die Lunge (Lungenpest) • verursacht in Amerika, Afrika und Asien noch heute begrenzte Pestausbrüche



Immunsystem stets von neuem unterlaufen – und wandert in rhythmischen Wellen über die Nord- und Südhalbkugel der Erde.

Wintergrippe oder Pandemie?

Die hohe genetische Wandlungsfähigkeit des Grippe-Erregers ist eines seiner

GRIPPE Influenzavirus

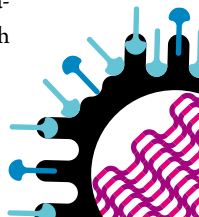
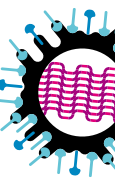
befällt Menschen, Schweine, Pferde und Vögel • ist ein hoch wandlungsfähiger Erreger • kehrt jedes Jahr wieder und verursacht im Winter die typische Virusgrippe • kann darüber hinaus weltumspannende Seuchenwellen auslösen • lässt sich durch eine Impfung abwehren



verlief nach bisherigen Einschätzungen mild. Allerdings werden sich ihre Auswirkungen vermutlich erst in ein bis zwei Jahren mit Hilfe statistischer Todesursachenanalysen endgültig abschätzen lassen.

Der Ursprung der Seuchen

Immer wieder im Lauf der Menschheitsgeschichte sind Tiere eine Quelle von neuen Seuchen gewesen. Pestbakterien beispielsweise finden sich bei wild lebenden Nagern. Der AIDS-Erreger ist die genetische Variante eines von Affen stammenden Virus. Und die 2002 in China aufgetauchte Lungenkrankheit SARS hat ihren Ursprung wahrscheinlich bei Hufeisennasen – einer Fledermausfamilie. Vermutlich





hat sich das SARS-Virus von den Fledermäusen über wilde Schleichkatzen, die in China als Delikatesse verspeist werden, auf den Menschen übertragen.

Doch auch Nutztiere wie Rinder, Schweine oder Schafe sind Träger vieler Seuchen. Selbst altbekannte Infektionen wie Masern oder Diphtherie könnten vom Nutzvieh ausgegangen sein. Die Vorbedingungen für diese Krankheiten entstanden in der Jungsteinzeit, vor gut 10000 Jahren. So verstärkte sich damals mit dem Aufkommen von Ackerbau und Viehzucht nicht nur der Tierkontakt des Menschen. Auch die Bevölkerungsdichte stieg in den sich ausdehnenden Steinzeit-Kulturen rapide an. Viele der heute bekannten

Masseninfektionen konnten sich erst durch das Zusammenleben zahlreicher Menschen auf begrenztem Raum dauerhaft in der Bevölkerung verbreiten.

Die geplante Gefahr: Bioterror

Eine hohe Menschendichte – etwa in Ballungszentren oder an Transportknotenpunkten – ist heute noch für ein anderes Szenario bedeutsam: die Möglichkeit bioterroristischer Anschläge. Vor allem seit den Milzbrand-Attacken in den USA im Herbst 2001 ist dieses Risiko international ins Bewusstsein gerückt. Rund ein Dutzend Erreger kämen prinzipiell für Anschläge in Frage, darunter die Pocken. Zwar wurden die Pocken, seit alters her eine der schlimmsten

Plagen, im Jahr 1980 für ausgerottet erklärt. Nicht auszuschließen ist aber, dass sich Pockenviren noch als Laborstämme an wenig oder gar nicht kontrollierten Orten befinden und in die Hände terroristischer Vereinigungen gelangen könnten. Würden sie etwa in der U-Bahn einer Großstadt freigesetzt, hätte dies verheerende Folgen.

Auch der Milzbrand zählt nach wie vor zu den potenziellen Kandidaten eines Erreger-Anschlags. In militärischen B-Waffen-Programmen wurden Milzbrandbakterien in der Vergangenheit intensiv erforscht. Vor allem eine massive Verbreitung der widerstandsfähigen Bakteriensporen wäre eine ernste Bedrohung für die öffentliche Gesundheit.

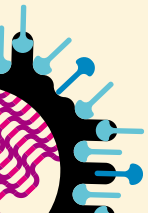
Klaus Bogen, www.bogon-naturfoto.de



Fliegende Erregerfracht

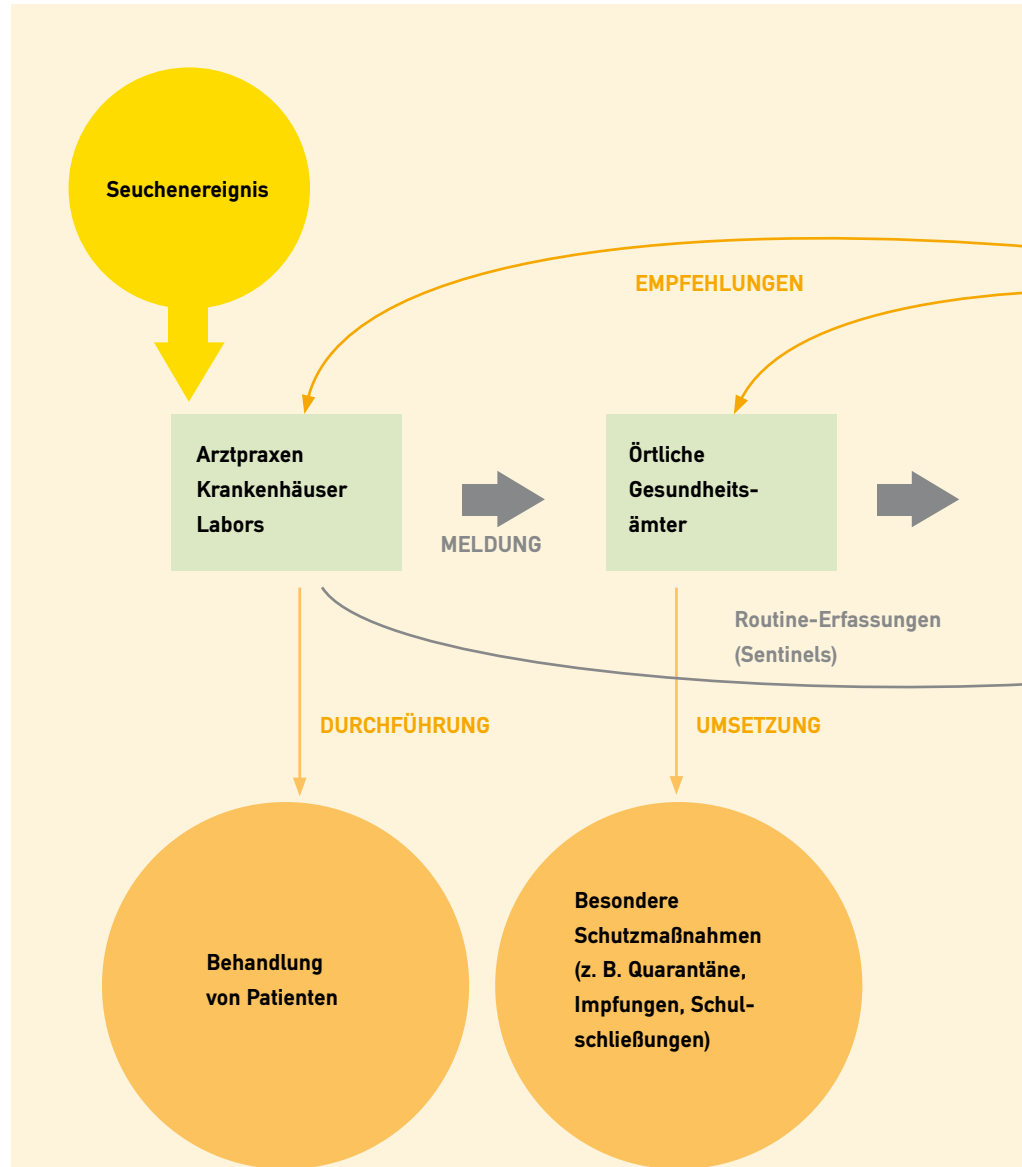
Fledermäuse sind natürliche Wirte für zahlreiche Viren. Bei dem hier gezeigten Großen Abendsegler (*Nyctalus noctula*),

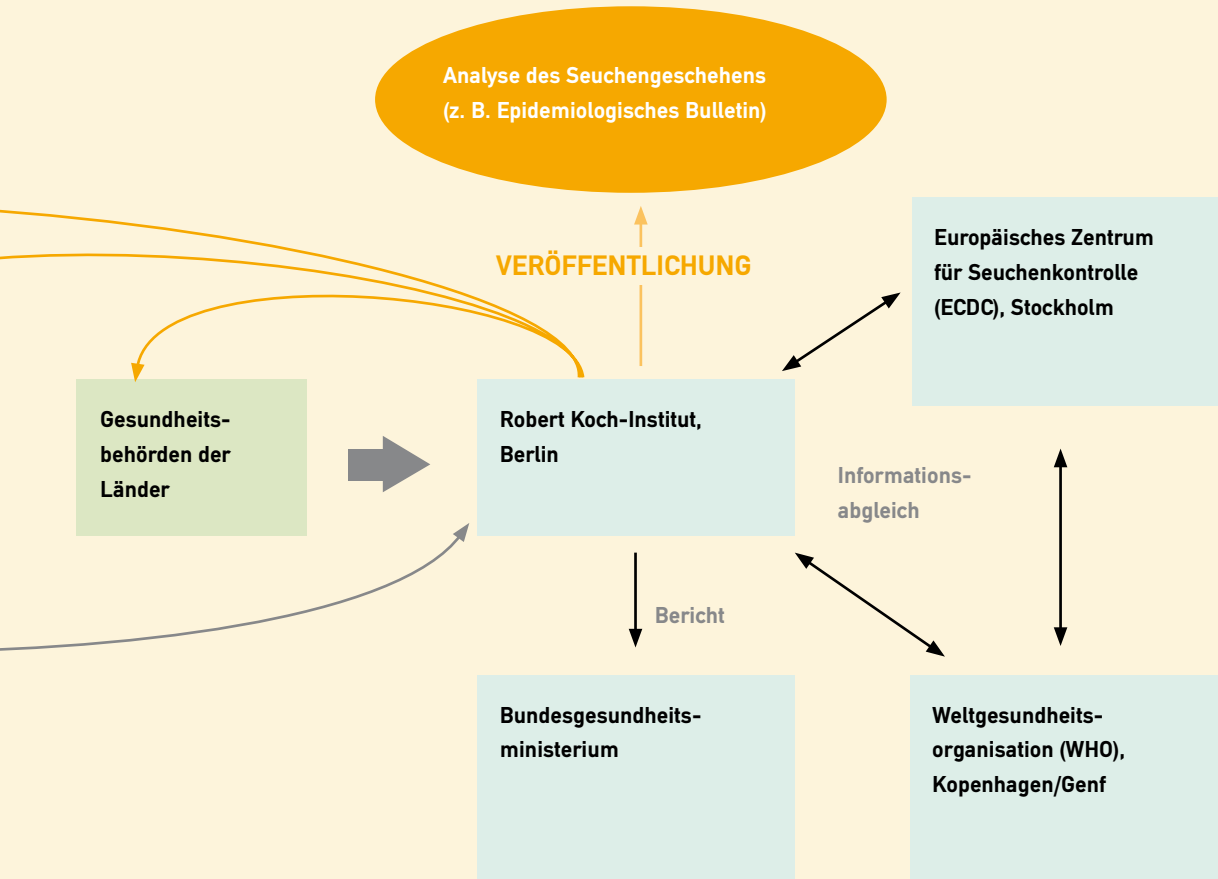
der seine Flüge kurz vor Dämmerungsanbruch beginnt und auch in Deutschland heimisch ist, wurden beispielsweise bestimmte Coronaviren nachgewiesen. Zumeist sind Fledermausviren für den Menschen nicht gefährlich. Durch genetische Mutationen der Erreger kann es jedoch zu einem Speziesprung von den Flugsäugern auf den Menschen kommen – und zum Ausbruch neuer Seuchen. Der Auslöser der Lungenkrankheit SARS hat sich vermutlich von Fledermäusen aus der Familie der Hufeisennasen auf den Menschen übertragen, während der Ursprung so genannter Henipaviren, die Tiere und Menschen befallen, bei Flughunden liegt. Diese könnten sogar gefährliche tropische Erreger wie das Ebola- und Marburgvirus beherbergen. Tollwutviren indes werden bisweilen durch den Biss von Vampir-Fledermäusen auf den Menschen übertragen.



Das Netzwerk des Gesundheitsschutzes

Ganz unabhängig davon, ob es um Bioterror oder einen zufällig in der Natur auftauchenden Erreger geht: Eindämmen lassen sich plötzliche Infektionsgefahren nur durch länderübergreifend abgestimmte Gegenmaßnahmen. So wurde die SARS-Epidemie, die sich ab Ende 2002 von China ausgehend verbreitete und weltweit rund 8 000 Menschen in Mitleidenschaft zog, bis Mitte 2003 insbesondere durch Früherkennungs- und gezielte Quarantänemaßnahmen wieder zum Stillstand gebracht. Den Erreger hatten mehrere Forschungslaboratorien in den USA und Deutschland in außergewöhnlich kurzer Zeit identifiziert. Diese Erfahrungen gaben auch den Impuls für die Gründung des Europäischen Zentrums für Seuchenkontrolle in Stockholm, das den Informationsfluss zwischen den EU-Staaten beschleunigt. In Deutschland ist dabei das Robert Koch-Institut die Schnittstelle zwischen den internationalen Seuchenüberwachungssystemen und den Behörden von Bund und Ländern. Um schnell auf Infektionsgefahren reagieren zu können, werden hierzulande meldepflichtige Krankheiten und außergewöhnliche Seuchenereignisse, aber auch viele alltägliche Infektionen in fest etablierten Überwachungsnetzwerken erfasst. □





Seuchenschutz in Deutschland

Die Kontrolle von Infektionskrankheiten erfordert einen fortgesetzten Informationsfluss zwischen verschiedensten Akteuren. Ärzte, Krankenhäuser und Labors berichten den Gesundheitsbehörden meldepflichtige Infektionen und Seuchenausbrüche. Zudem werden eine Reihe weiterer

Krankheiten wie beispielsweise Lungenentzündungen in freiwilligen Netzwerken (Sentinels) routinemäßig erfasst. Die Daten fließen an das Robert Koch-Institut. Es bildet eine Schnittstelle zu internationalen Organisationen, analysiert frühzeitig das Infektionsgeschehen und gibt Empfehlungen an Ärzte und Behörden.

4

BEDROHUNG AUS DEM WASSER

Die Ökologie der Infektionen



Wasser ist Lebensraum zahlreicher Mikroben – und seit jeher eine Quelle von Infektionen. Manche Erreger aus dem Wasser gelangen eher zufällig in den menschlichen Körper. Andere sind seit Jahrtausenden Bestandteil komplexer ökologischer Wasserkreisläufe und bisweilen sogar auf den Menschen als Wirtsorganismus angewiesen. Auch heute haben in Entwicklungsländern mehr als eine Milliarde Menschen keinen dauerhaften Zugang zu sauberem Trinkwasser. Die meisten der damit verbundenen zwei Millionen Todesfälle pro Jahr ließen sich durch bessere Wasser- und Sanitärsysteme vermeiden.

Überraschung im Wasserhahn

Wasser ist ein universelles Medium – und zugleich ein Träger der Krankheit. Zahlreiche Mikroben nutzen es als Lebensraum. Ein bekanntes Beispiel sind die Legionellen. Die Bakterien kommen in geringer Zahl in vielen Oberflächengewässern, aber auch im Grundwasser vor. In den menschlichen Organismus gelangen sie eher zufällig – etwa über Warmwassersysteme oder Whirlpools.

Insbesondere Temperaturen zwischen 25 und 45 Grad sowie stagnierende Wasserreservoirs in umfangreichen Rohrnetzwerken begünstigen das Wachstum der Mikroben. Die Infektion erfolgt meist durch Einatmen bakterienhaltiger Aerosole (fein verstäubtes Wasser), zum Beispiel beim Duschen oder Zähneputzen. Das bloße Trinken von erregerbelastetem Wasser schadet in aller Regel jedoch nicht.

Legionellen können schwere Lungentzündungen auslösen, vor allem bei älteren oder immunschwachen Menschen sowie Rauchern. Nach neuesten Schätzungen gehen in Deutschland jährlich rund 20 000 Fälle von Pneumonie auf Legionellen zurück. Eine Gegenmaßnahme besteht im regelmäßigen Aufheizen von Wassersystemen: Ab einer Temperatur von 60 Grad sterben die Mikroben rasch ab.

Wer sich nicht waschen kann, wird krank

Während eine Infektion mit Legionellen durch Warmwassersysteme überhaupt erst begünstigt wird, liegt das Problem bei einer anderen Mikrobe – Chlamydia trachomatis – häufig gerade im Mangel solcher Systeme. Manche Untertypen des Bakteriums spielen hierzulande als Erreger von Geschlechtskrankheiten eine

bedeutende Rolle, etwa bei Infektionen von Scheide und Eileitern, die bis zur Unfruchtbarkeit führen können. Nicht minder dramatisch jedoch ist das Leiden, das durch bestimmte Chlamydienvarianten insbesondere in den ländlichen Regionen unterentwickelter

LEGIONELLEN *Legionella pneumophila*

kommt im Oberflächen- und Grundwasser vor • vermehrt sich im Wasser im Innern von Amöben und anderen Urtierchen • gedeiht in großen und schlecht gewarteten Warmwassersystemen • führt bei Inhalation bakterienhaltiger Aerosole zu Lungentzündungen • wurde 1977 in der Folge einer Epidemie in Philadelphia als Krankheit entdeckt



CHOLERA *Vibrio cholerae*

kommt in Küstengewässern und Flussmündungssystemen vor • bildet Lebensgemeinschaften mit winzigen Planktonkrebsen • hat in Indien seit alters her Epidemien mit schweren Durchfällen ausgelöst • kann Flüssigkeitsverluste von bis zu 20 Liter täglich verursachen • hat sich erst im 19. Jahrhundert weltweit verbreitet



Länder ausgelöst wird: das Trachom – eine der weltweit häufigsten Erblindungsursachen.

Dabei handelt es sich um eine Entzündung der Bindehaut, unter der bereits Kinder leiden und die durch wiederholte Neuinfektionen im Laufe der Jahre schließlich zur Vernarbung der Hornhaut und zur Blindheit führt. Das Trachom ist hoch infektiös: Über Hände, Kleidung und Fliegen wird das eitrige Augensekret schnell auf andere übertragen. Zumeist sind die Infektionsketten Folge der mangelnden Möglichkeit, sich mit sauberem Wasser Gesicht und Hände zu waschen.

Die ökologische Dynamik der Krankheitserreger

Viele wassergebundene Infektionen resultieren aus dem Eingriff des Menschen in ökologische Kreisläufe. Die Japanische Enzephalitis beispielsweise, eine in Asien verbreitete Virusinfektion des Gehirns, wird durch regelmäßige Flutungen von Reisfeldern begünstigt, da sich die Überträgermücken explosionsartig auf den unter Wasser stehenden Flächen vermehren. Dagegen leistet die Errichtung von Staudämmen dem Pärchenegel *Schistosoma* Vorschub. Der insbesondere in Afrika beheimatete Saugwurm – nach dem Malaria-Erreger der weltweit

wichtigste Parasit – vermehrt sich in Süßwasserschnecken. Seine im Wasser treibenden Larven können sich durch die Haut eines Menschen bohren und befallen dann innere Organe wie Blase, Darm und Leber – eine früher als Bilharziose bezeichnete Erkrankung.

Kaum weniger komplex ist die infektiösoökologische Dynamik der Cholera. Choleraerkrankungen kommen in Küstengewässern und Flussmündungssystemen wie dem Ganges-Delta natürlicherweise vor. Sie bilden Lebensgemeinschaften mit winzigen Planktonkrebsen, von deren Chitinpanzer sie sich ernähren. Vermutlich tragen Ökosys-

Bilder: USGS/NASA; Wolszczak, forfolia



Küstengewässer und Flussmündungssysteme wie das Ganges-Delta (hier eine Satellitenaufnahme) sind ein natürlicher Lebensraum für Choleraerkrankungen. Sie bilden im Wasser Lebensgemeinschaften mit winzigen Planktonkrebsen, von deren Chitinpanzer sie sich ernähren. Seit alters her sind im Gebiet des Ganges Cholera-Epidemien bekannt. Der Kontakt mit verunreinigtem Wasser ist entscheidend für die Krankheitsübertragung. Das Foto rechts zeigt eine Szene im indischen Varanasi, einem heiligen Ort, an dem viele Pilger ein rituelles Bad im Ganges nehmen.

CHLAMYDIEN *Chlamydia trachomatis*

ist ein im Innern von Zellen lebendes Bakterium • zählt zu den kleinsten Bakterien überhaupt • kommt in verschiedenen Typen vor • ist hierzulande vor allem als Auslöser von Geschlechtskrankheiten bekannt • führt bei schlechten sanitären Bedingungen zu Bindehautentzündungen • ist in Entwicklungsländern eine der häufigsten Erblindungsursachen

**PÄRCHENEGEL *Schistosoma***

ist ein vor allem in tropischen Regionen verbreiteter Saugwurm • kommt im Süßwasser vor und kann sich durch die Haut eines Menschen bohren • löst durch Befall verschiedener Organe die so genannte Bilharziose aus • ist nach dem Malaria-Erreger der weltweit bedeutendste Parasit • lebt nach der Kopulation als Paar von Männchen und Weibchen • wird auch Nilwurm genannt



temfaktoren wie Schwankungen der Wassertemperatur und der Regenfallmenge mit zu Ausbrüchen der Cholera bei, die in Indien seit alters her bekannt ist, sich im 19. Jahrhundert über ganz Europa verbreitete und auch in jüngerer Zeit, etwa in den 1990er-Jahren in Südamerika, immer wieder für massive Erkrankungswellen gesorgt hat.

Eine besondere Bedeutung besitzt dabei der Lebensstandard der betroffenen Bevölkerungsgruppen. So löst die Infektion schwere Durchfälle aus, die bei schlechten sanitären Bedingungen und beengten Verhältnissen schnell zur Kontamination des Trinkwassers führen. Hinzu kommt, dass Choleraerkrankungen im Lauf einer Erkrankungswelle vermutlich aggressivere, besonders infektiöse Varianten bilden –

wodurch sich die Seuche möglicherweise weiter aufschaukeln kann. Sowohl mikrobiologische als auch ökologische und soziale Faktoren greifen bei der Entstehung von Cholera-Epidemien eng ineinander.

Dürsten nach dem guten Wasser

Die Cholera ist vermutlich die bekannteste Durchfallseuche – doch längst nicht die einzige. Zahlreiche Bakterien, Viren und Parasiten lösen Durchfälle aus, viele der Erreger können sich über verunreinigtes Trinkwasser verbreiten. Während schwere Durchfallinfektionen in Europa seit dem 19. Jahrhundert durch eine verbesserte Wasserversorgung zurückgedrängt wurden, haben in Entwicklungsländern weiterhin mehr als eine Milliarde Menschen keinen dauerhaften Zugang zu sicherem Trinkwasser. Und mehr als doppelt so viele leben ohne ausreichende sanitäre Einrichtungen.

Die Folgen sind beträchtlich. So können andauernde Durchfälle mit Ernährungsmängeln einhergehen – die wiederum anfälliger machen für Infektionen. Akute Flüssigkeitsverluste indes sind in schweren Fällen sogar tödlich, insbesondere bei Kindern. Rund zwei Millionen Menschen pro Jahr sterben weltweit an Durchfallerkrankungen, die meisten von ihnen unter fünf Jahren. Der größte Teil der Todesfälle ließe sich nach Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation durch bessere Wasser- und Sanitätssysteme vermeiden. □



CDC, Sulzer

Der in tropischen Regionen heimische Pärchenegel *Schistosoma* (hier zwei Larven des Saugwurms) nutzt Süßwasserschnecken als Zwischenwirt. Die frei im Wasser treibenden Larven können sich durch die Haut eines Menschen bohren und verschiedene Organe befallen. Die Erkrankung wird auch als Bilharziose bezeichnet. Durch eine Aufstauung von Wasserreservoirs bei Staudammprojekten nimmt die Verbreitung von *Schistosoma* häufig zu.



dpa, Aaron Ufumeli

Mehr als eine Milliarde Menschen weltweit haben keinen dauerhaften Zugang zu sauberem Trinkwasser (hier eine Szene in Simbabwe). Sogar mehr als doppelt so viele leben ohne ausreichende sanitäre Einrichtungen. Die Folge sind oft Durchfallerkrankungen, bisweilen mit tödlichem Ausgang.

TROPISCHE INFEKTIONEN

Der Bruder der Krankheit ist die Armut



Tropische Infektionen gehören zu den wichtigsten Infektionskrankheiten überhaupt. Allein an Malaria sterben fast eine Million Menschen pro Jahr, vor allem in Ländern südlich der Sahara. Hauptgründe dafür sind Armut und mangelnde Versorgungsstrukturen. Übertragen wird der Malaria-Parasit durch Mücken – ähnlich wie auch andere bedeutende Erreger, etwa manche tropische Würmer oder Dengue-Viren. Mücken, die Denguefieber verbreiten, könnten im Zuge einer fortgesetzten Klimaerwärmung sogar in Deutschland heimisch werden.

Die schwere Last des Wechselfiebers

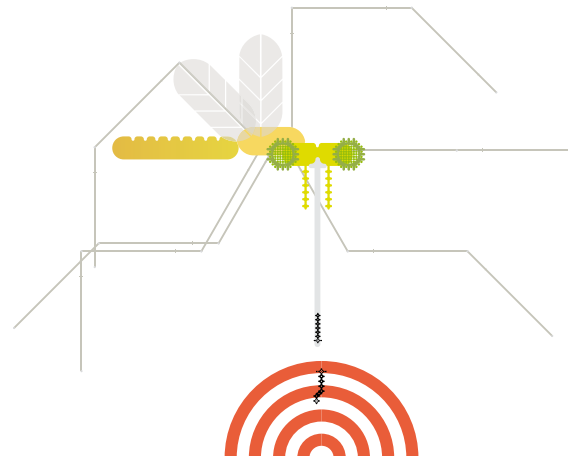
Jedem Tropenreisenden ist sie bekannt, und seit jeher ist ihr Name gefürchtet: Malaria. Nach AIDS und Tuberkulose ist sie die häufigste Todesursache unter den Infektionen. Fast eine Million Menschen sterben jährlich an der Fiebersuche, die meisten von ihnen in afrikanischen Ländern südlich der Sahara. Rund 85 Prozent der tödlichen Krankheitsverläufe treffen Kinder unter fünf Jahren.

Die Malaria ist eine altbekannte Krankheit. Ihre Bezeichnung – „mal'aria“ meint „schlechte Luft“ – gibt Aufschluss über heute fast vergessene Theorien, Seuchen seien durch üble Ausdünstungen der Erde bedingt. Sogar an den menschlichen Genen lässt sich der Einfluss der Malaria ablesen. So gibt es in Gebieten, wo sie heimisch ist, mehr

Menschen mit Sichelzellanämie – einer genetisch bedingten Neigung zur Blutarmut. Das Sichelzell-Gen schützt seine Träger vor den schweren Formen der Infektion.

Ausgelöst wird Malaria durch parasitische Einzeller, die zu den so genannten Urtierchen zählen. Der wichtigste Typ heißt Plasmodium falciparum. In den Körper gelangen die Parasiten durch den Stich von

Blut saugenden Mückenweibchen aus der Gattung Anopheles, die den Erreger von einem Menschen zum nächsten verbreiten. Typischerweise stechen die Moskitos in der Dämmerung oder nachts. Im menschlichen Organismus dann durchlaufen Plasmodien eine komplizierte, mehrstufige Entwicklung. Malaria-Parasiten sind molekular komplexe und genetisch vielfältige Erreger, die dem



Immunsystem immer wieder entkommen. Mitunter wechseln sich im Lauf der Infektion starke Fieberschübe und Schüttelfröste regelmäßig mit fieberfreien Tagen ab – daher der alte Name „Wechselfieber“. Aber es kommen auch unregelmäßige Fieberverläufe vor. In schweren Fällen kann die Krankheit bis hin zu lebensgefährlichen Komplikationen

wie Blutgerinnungsstörungen, Nieren- oder Herzversagen, Krampfanfällen und Komazuständen führen.

Bei einer Reise in Malariagebiete ist der Schutz vor einer Infektion wichtig. Neben Abwehrmaßnahmen gegen die Moskitos spielt dabei auch die prophylaktische Einnahme von Medikamenten eine große Rolle – eine kommerziell

verfügbare Malaria-Impfung hingegen gibt es bisher nicht. Derzeit laufen verschiedene Studien mit viel versprechenden Impfstoffkandidaten. Welchen Wert sie in der Praxis haben werden, muss sich noch zeigen.

Armut macht krank, Krankheit macht arm

Malaria ist eine der dominierenden Seuchen der Tropen – jedoch nicht per se auf ein tropisches Klima beschränkt. So benötigen die Malaria-Parasiten zwar eine Minimaltemperatur, um in den Überträgermücken reifen zu können. Bei *Plasmodium falciparum* liegt sie bei circa 20 Grad. Doch werden solche Temperaturen in warmen Sommern in vielen Regionen der Erde erreicht, auch kommen die übertragenden Anopheles-Mücken weltweit vor. Tatsächlich war die Malaria in Deutschland bis weit ins 19. Jahrhundert ein verbreitetes Übel.



Zur Abwehr der Malaria-Mücke (1) sind mit Insektiziden imprägnierte Moskitonetze hoch effektiv. Hier zu sehen ist eine schlafende Frau in einer Provinz in Vietnam (2). Am häufigsten betroffen von Malaria sind indes kleinere Kinder, insbesondere in afrikanischen Ländern: Behandlungsszene in Burkina Faso (3).



Durch Trockenlegung von Sümpfen, verbesserte Wohnhygiene und zunehmende Verstädterung, aber auch den Einsatz des Insektizids DDT zur Mückenbekämpfung und die Einführung moderner Malariamittel verschwand die Seuche im 20. Jahrhundert aus den gemäßigten Breiten. Heute tritt Malaria dort fast nur noch als Mitbringsel eines Tropenurlaubs auf.

Ganz anders das Bild in den tropischen und subtropischen Malaria-Regionen selbst: Einer hohen Verbreitung des Erregers stehen hier oft mangelnde medizinische Versorgungsstrukturen gegenüber – Malaria ist zu einem großen Teil eine Krankheit der Armut. Man weiß, dass Unterernährung anfälliger macht für die Infektion. Zudem können sich arme Familien Moskitonetze oder Malariamedikamente oft nicht leisten, und gerade in den ländlichen Gebieten Afrikas fehlen ärztliche Angebote. Auch kriegerische Unruhen leisten der Ausbreitung der Malaria Vorschub.

Ihrerseits kann die Seuche eine prekäre soziale Situation weiter verschärfen. Armut macht krank, aber Krankheit macht auch arm. Bekannt ist das Phänomen, dass malariakranke Kinder oft die Schule versäumen, was sie dauerhaft in ärmlichen Verhältnissen hält. Selbst auf Ebene ganzer Volkswirtschaften wirken sich diese Zusammenhänge aus. Nach Schätzungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) büßen die stark von Ma-

laria durchseuchten Länder allein durch diese eine Infektionskrankheit gut ein Prozent ihres Wirtschaftswachstums ein. Gleichwohl gibt es Anzeichen, dass sich mit den seit einigen Jahren verstärkt vorangetriebenen, international geförderten Seuchenkontrollprogrammen die Malaria zurückdrängen lässt. Laut WHO sind seit dem Jahr 2000 in einem Drittel der betroffenen Länder die Erkrankungszahlen um mehr als die Hälfte gesunken. Besonders wichtig für die Seuchenkontrolle ist die Verwendung imprägnierter Moskitonetze während des Schlafens durch so viele Menschen wie möglich.

Wehret den Mücken

Wie bei der Malaria sind Mücken auch bei anderen Tropenkrankheiten die Infektionsüberträger. Beispielsweise werden die Larven eines häufigen Wurmparasiten, *Wucheria bancrofti*, durch verschiedene Stechmückenarten verbreitet. *Wucheria* kann im Körper jahrelang in den Lymphgefäßen leben und einen als Elephantiasis bezeichneten massiven Lymphstau in Gliedmaßen oder Geschlechtsteilen auslösen. Der eng verwandte Wurm *Onchocerca volvulus* dagegen – seine Larven werden durch Kriebelmücken übertragen – wandert bisweilen in die Augen und führt die so genannte Flussblindheit herbei. Neben Mücken zählen Fliegen, Bremsen oder Wanzen zu den Überträger-Insekten. Während die Erreger

MALARIA *Plasmodium falciparum*

ist ein einzelliger Parasit • wird durch Stechmückenweibchen in der Dämmerung oder nachts übertragen • ist in Afrika bei Kindern unter fünf Jahren eine der häufigsten Todesursachen • hat mehrere, für mildere Malariaformen verantwortliche Verwandte • lässt sich mit Medikamenten in der Regel gut bekämpfen • könnte sich in Zukunft auch durch eine Impfung abwehren lassen



FLUSSBLINDHEIT *Onchocerca volvulus*

ist ein parasitischer Fadenwurm (Filarie) • kommt in Afrika, im Jemen und in Lateinamerika vor • wird im Larvenstadium von Kriebelmücken entlang von Flüssen übertragen • kann im Körper in die Augen wandern und dort etwa die Hornhaut schädigen • ist weltweit bei rund einer halben Million Menschen Ursache der Blindheit



SCHLAFKRANKHEIT *Trypanosoma brucei*

ist ein einzelliges, nur in Afrika verbreitetes Geißeltierchen • kommt in verschiedenen Varianten bei Menschen und Tieren vor • gelangt durch den Biss der Tsetse-Fliege in den Körper • befällt bei Ausbleiben einer Therapie das Gehirn • führt oft zu Schlafstörungen bei Nacht und Dämmerzuständen bei Tag



DENGUEFIEBER *Dengue-Virus*

wird durch Tigermücken übertragen • löst neben Fieber auch Ausschläge sowie Kopf- und Gliederschmerzen aus • kann bei wiederholten Infektionen tödlich sein • ist in den urbanen Ballungszentren der Tropen und Subtropen weltweit verbreitet • könnte bei einer Klimaerwärmung auch hierzulande Krankheitsausbrüche verursachen



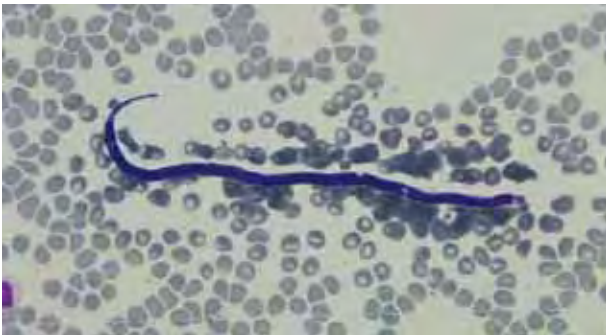
der Schlafkrankheit durch den Biss der Tsetse-Fliege in den Körper gelangen, verbreiten Raubwanzen die Chagas-Krankheit – eine in Lateinamerika heimische, oft mit chronischen Herzentzündungen einhergehende Parasiteninfektion. Auch manche tropische Viren – beispielsweise die Erreger des Denguefiebers – nutzen Mücken als Vehikel. Dengue-Erkrankungen ähneln mitunter einem grippalen Infekt, können aber auch mit hohem Fieber, Hautausschlägen sowie starken Kopf- und Gliederschmerzen verbunden sein – in besonders gravierenden Fällen sogar mit inneren Blutungen und teils tödlichen Schockzuständen. Weltweit erkranken 50 bis 100 Millionen Menschen jährlich an Dengue, 500 000 von ihnen schwer.

Klimawandel: Kommen Tropeninfektionen zu uns?

Seit Mitte des 20. Jahrhunderts ist Denguefieber zu einer globalen Bedrohung geworden. Besonders betroffen sind die urbanen Ballungszentren der Tropen und Subtropen, darunter auch reiche Regionen wie Singapur. Übertragen werden Dengue-Viren durch die Ägyptische und Asiatische Tigermücke. Tatsächlich hat sich die asiatische Variante in den letzten Jahrzehnten auch an kühlere Gegenden angepasst – und verbreitet sich inzwischen in Europa. Selbst im Oberrheintal hat man ihre Eier bereits gefunden. Anzunehmen ist, dass sich bei einer fortgesetzten Klimaerwärmung die Wanderung der Insekten weiter verstärkt. Sie könnten dann auch

in hiesigen Breiten für Infektketten sorgen und beispielsweise Dengue-Viren oder das tropische Chikungunya-Fieber übertragen. So kam es im Jahr 2007 zu einem Chikungunya-Ausbruch in Italien, nachdem die Viren vermutlich durch einen Reiserückkehrer aus Indien eingeschleppt und durch Tigermücken weiterverbreitet worden waren. Allerdings ließen sich solche Ausbrüche hierzulande durch geeignete Mückenbekämpfungsmaßnahmen wahrscheinlich rasch wieder stoppen. Auch bei Infektionen wie Malaria würde der hohe medizinische Versorgungsstandard eine dauerhafte Zirkulation der Erreger unterbinden. Auf absehbare Zeit zumindest dürften tropische Infektionen in Deutschland die Ausnahme bleiben. ◻

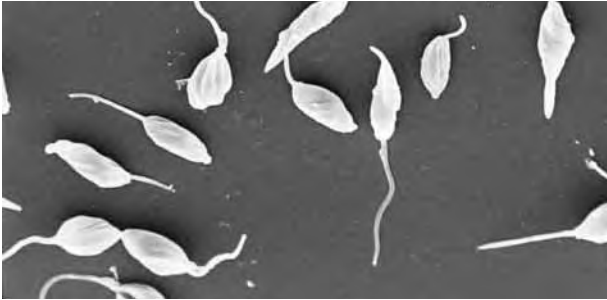
Der Mikrokosmos der tropischen Erreger



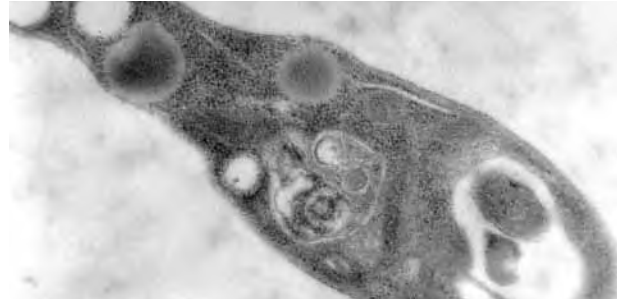
1) Der tropische Wurmparasit *Loa loa* in einem gefärbten Blutaussstrich (Blutkörperchen im Hintergrund). *Loa loa* wird durch Bremsen übertragen und führt zu allergischen Hautschwellungen.



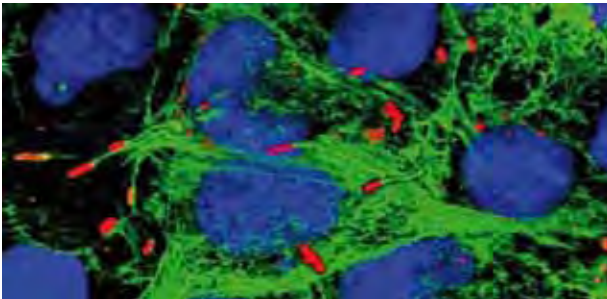
2) Die Erreger der Schlafkrankheit lassen sich ebenfalls im Blut aufspüren. Die in Afrika heimischen Parasiten zählen zu den Geißeltierchen. Sie werden durch Tsetse-Fliegen übertragen.



3) Auch die so genannten Leishmanien gehören zu den Geißeltierchen. Die durch Sandmücken übertragenen Parasiten können die Haut und verschiedene Organe befallen.



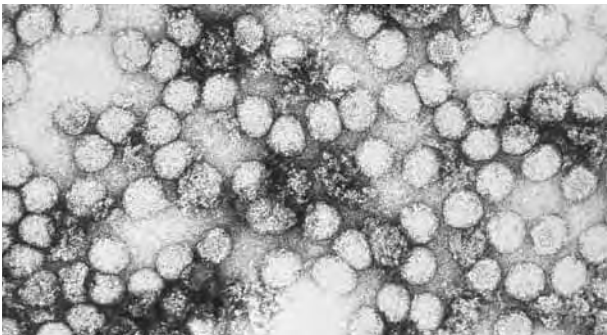
4) Leishmania, abgebildet mit einem Transmissions-Elektronenmikroskop, das die inneren Zellstrukturen des Parasiten sichtbar macht.



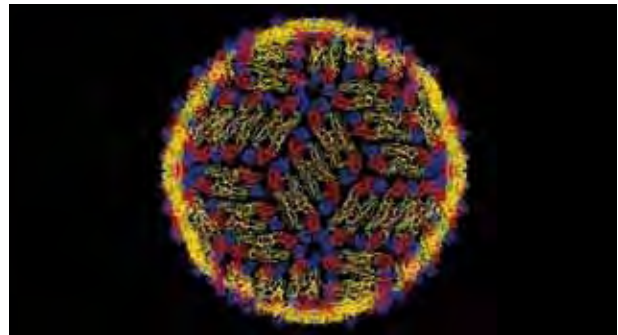
5) Die Erreger der Bakterienruhr, Shigellen (rot), breiten sich in Körperzellen aus. Grün sind bestimmte Zell-Eiweiße, blau die Zellkerne gefärbt (Fluoreszenzmikroskopie). Die Ruhr geht mit blutig-schleimigen Durchfällen einher.



6) Hier ist zu sehen, wie Shigellen-Bakterien (rot) von einer Abwehrzelle attackiert werden. Aufnahme per Raster-Elektronenmikroskop.



7) Die Erreger des Gelbfiebers (Transmissions-Elektronenmikroskopie). Die Viren vermehren sich in Körperzellen. Gelbfieber wird durch tropische Stechmücken übertragen und kann tödlich verlaufen.



8) Verwandt mit dem Gelbfieber-Erreger ist das Dengue-Virus, hier ein Computerbild auf Basis elektronenmikroskopischer und kristallographischer Daten. Rot, blau, gelb sind die Untereinheiten eines Eiweißes in der Virushülle.

6

LEBEN MIT DEM ERREGER

Wenn ein ungebetener Gast nicht mehr geht



Gemeinhin gelten Infektionskrankheiten als akute Leiden. Allerdings können manche Mikroben auch langwierige – und mitunter lebenslange – Krankheitsprozesse in Gang setzen. Die Erreger nisten sich dabei im Gewebe ein und traktieren den Körper mit einer Politik der Nadelstiche. Zu diesen ungebeten Begleitern gehören Bakterien wie der Magenkeim *Helicobacter pylori*, aber auch Viren wie HIV, Hepatitis- und humane Papillomviren. Die Folgen einer chronischen Infektion reichen vom Magengeschwür bis hin zu Krebs.

Out of Africa

Mit manchen Mikroben lebt der Mensch ein Leben lang. Allerweltsbeispiel: Das Magenbakterium *Helicobacter pylori*, der Auslöser des Magengeschwürs. Der Keim wird von Mensch zu Mensch übertragen. Typischerweise infizieren sich Kinder, bevor sie zehn Jahre alt sind. Dabei nistet sich *Helicobacter* in der Magenschleimhaut ein – ohne Antibiotikatherapie verbleibt er dort in der Regel für immer.

Helicobacter ist spezialisiert auf den Menschen, seinen vermutlich einzigen Wirt. Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung ist derzeit mit *Helicobacter* infiziert. Tatsächlich ist *Homo sapiens* schon immer von der Mikrobe begleitet worden. Evolutionsgenetische Analysen haben gezeigt, dass der Magenkeim mit den ersten modernen Menschen von Afrika aus über die Welt gewandert

ist. Anhand von Vergleichen verschiedener *Helicobacter*-Stämme aus Afrika und Amerika lassen sich selbst die Routen des Sklavenhandels rekonstruieren.

Ein Bakterium liegt schwer im Magen

Helicobacter pylori ist ein Überlebenskünstler. Während die meisten anderen Bakterien im sauren Magenmilieu nicht langfristig überdauern, findet *Helicobacter* dort sein Auskommen. Mehr als hundert verschiedene Gene benötigt die Mikrobe für ihre Anpassungsleistung. Sie lebt in der Schleimschicht, die die Magewand zum eigenen Schutz vor der Magensäure produziert. Zudem kann der Keim mit Hilfe eines bestimmten Enzyms die ätzende Säure abpuffern. Bei Bedarf docken manche *Helicobacter*-Stämme auch direkt an Rezeptoren auf den Schleimhautzellen an, manipulieren deren Stoff-



MPI für Infektionsbiologie, V. Brinkmann

Das Magenbakterium *Helicobacter pylori* (rot) an der Oberfläche der Magenschleimhaut: Die Bakterien schmiegen sich an die Ausläufer einer Schleimhautzelle an. Durch Signalstoffe manipuliert *Helicobacter* den Stoffwechsel der Zellen zu seinen Zwecken. Bei vielen Menschen lebt der Keim lebenslang im Magen, wo er mitunter zu Magengeschwüren oder sogar zu Krebs führen kann.

wechsel zu ihren Zwecken und unterdrücken gezielt einen Angriff des Immunsystems.

Eine Helicobacter-Infektion hat unausweichlich eine Entzündung der Magenschleimhaut zur Folge, die jedoch meistens so leicht ist, dass sie unbemerkt bleibt und eine Therapie nicht erforderlich macht. Schwerere Verläufe dagegen verursachen schmerzhafte Geschwüre und können langfristig sogar zu Krebs führen. Allerdings lässt sich der Keim fast immer durch Antibiotika beseitigen. Auch eine Impfung befindet sich in Erprobung.

HIV: Der Wandel zur chronischen Krankheit

Während sich das Magenbakterium Helicobacter pylori mit Medikamenten wieder aus dem Körper vertreiben lässt, gilt dies für einen anderen Erreger nicht: HIV. Im Laufe des 20. Jahrhunderts sprang das Virus vom Affen auf den Menschen über – und bedroht ihn seither. Weltweit leben heute über 30 Millionen Menschen mit HIV, die Hälfte von ihnen Frauen. Die weitaus höchste Krankheitslast verursacht die Seuche in den afrikanischen Ländern südlich der Sahara, wo auch die gravierenden Doppelinfectionen mit HIV und Tuberkulose besonders häufig auftreten. In Industriestaaten indes sind vor allem bestimmte Risikogruppen, wie homosexuelle Männer oder Drogenkonsumenten, von HIV betroffen. Vermutlich Ende der 1970er-Jahre begann sich das Virus in Deutschland zu verbreiten. Zur Infektion kommt es zumeist beim Sex, aber auch durch Übertragung des

Virus von einer HIV-positiven Schwangeren auf ihr Kind oder durch Benutzen derselben Drogenbestecke. Der Erreger nistet sich insbesondere in den so genannten T-Helferzellen des Immunsystems ein und blockiert ihre Funktion. Im Laufe der Zeit nimmt die Zahl der Helferzellen ab. Erst dadurch wird aus einer HIV-Infektion – die über viele Jahre oft gar keine Symptome verursacht – die Immunschwäche AIDS. Durch die Unterminierung des Abwehrsystems kommt es nun zu hartnäckigen Infektionen mit verschiedensten anderen Krankheitserregern, mitunter auch zu Tumoren.

Allerdings lässt sich diese Entwicklung beträchtlich hinauszögern. Man nimmt an, dass ein HIV-Infizierter ohne jegliche Therapie im Schnitt etwa zehn bis zwölf Jahre nach der Ansteckung überlebt. Bei optimaler Behandlung dagegen liegt diese Spanne heute vermutlich bei weit mehr als 20 Jahren. Inzwischen ist sogar denkbar, dass viele HIV-Infizierte eine normale Lebenserwartung haben könnten.

Zudem ist die Behandlung einfacher geworden. Als Mitte der 1990er-Jahre die HIV-Kombinationstherapie mit verschiedenen Wirkstoffen eingeführt wurde, mussten die Patienten oft mehr als 20 Pillen täglich schlucken. Durch die Entwicklung von Kombipräparaten mit langer Wirkdauer sind es heute im Idealfall ein bis zwei Tabletten pro Tag.

Allerdings verträgt nicht jeder die Medikamente gleich gut. Zudem kann ihre Wirksamkeit durch Entstehung resistenter

MAGENGESCHWÜR Helicobacter pylori

ist ein spiralg geformtes Bakterium mit mehreren Geißeln für die Fortbewegung • hat sich auf die menschliche Magenschleimhaut als Lebensraum spezialisiert • kommt bei mehr als der Hälfte der Weltbevölkerung vor • kann unbemerkt bleiben oder aber Magengeschwüre herbeiführen • lässt sich durch Antibiotika fast immer beseitigen



HIV Humanes Immundefizienz-Virus

wurde im Laufe des 20. Jahrhunderts vom Affen auf den Menschen übertragen • verbreitet sich vor allem durch analen und vaginalen, seltener auch oralen Sex • ist bei Alltagskontakten wie Händeschütteln oder Umarmungen nicht ansteckend • nistet sich in Abwehrzellen ein und führt nach Jahren zur Immunschwäche AIDS • kann nach der Ansteckung nicht mehr aus dem Körper eliminiert werden



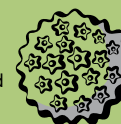
HEPATITIS B Hepatitis-B-Virus

wird in den meisten Fällen durch Geschlechtsverkehr übertragen • besitzt ein 50- bis 100-mal höheres Ansteckungspotenzial als HIV • kann nach der Infektion zu einer akuten Gelbsucht führen • ist neben dem Hepatitis-C-Virus häufigster Auslöser chronischer Leberentzündungen • kann Leberzirrhose und Leberkrebs verursachen • lässt sich durch eine Impfung wirksam abwehren



HPV Humanes Papillomvirus

kann bei Frauen Gebärmutterhalskrebs auslösen • findet sich auch bei Männern und verursacht mitunter Penis- oder Analkrebs • wird in seiner krebserregenden Form fast immer sexuell übertragen • lässt sich teilweise mit einer Impfung abwehren • kommt auch in zahlreichen ungefährlichen Varianten vor



Viren nachlassen, und auch eine Aussicht auf Heilung gibt es weiterhin nicht. Die Ansteckung mit HIV ist nach wie vor eine einschneidende Veränderung im eigenen Leben.

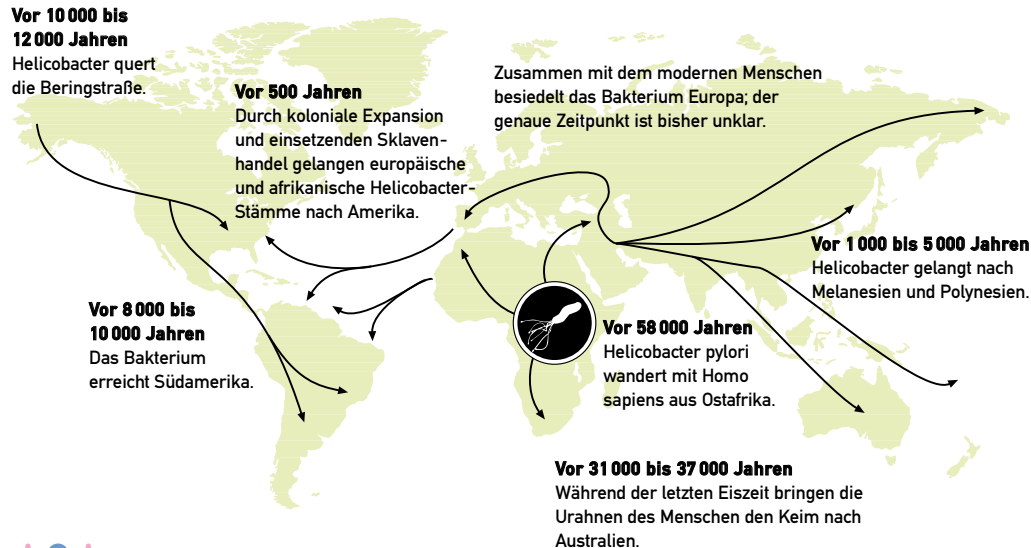
Viren, Sex und Krebs

Nicht nur bei HIV ist Sex im Spiel. Dasselbe trifft auch auf andere bedeutende Viren zu, darunter das Hepatitis-B-Virus (HBV). In seltenen Fällen kann vermutlich auch das Hepatitis-C-Virus (HCV) sexuell übertragen werden. Weltweit sind schätzungsweise 300 bis 400 Millionen Menschen chronisch mit HBV und

170 Millionen dauerhaft mit HCV infiziert. Beide Erreger lösen mitunter langwierige Leberentzündungen aus, die schlimmstenfalls bis hin zum Leberkrebs führen. Gegen Hepatitis B indes lässt sich seit den 1980er-Jahren impfen. Die Vakzine wird heute in zahlreichen Ländern als Standardimpfung propagiert. Ähnliches gilt für die so genannten humanen Papillomviren, kurz HPV. Es gibt über hundert verschiedene Varianten von Papillomviren. Die genitalen Virustypen – sie übertragen sich fast ausschließlich beim Sex – lösen beispielsweise Warzen an den Geschlechtsteilen

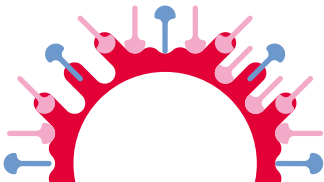
aus oder nisten sich in den Zellen des Gebärmutterhalses ein. Dort stören die Viren mitunter molekulare Reparaturprozesse und können im Laufe der Zeit Gebärmutterhalskrebs verursachen. Im Jahr 2008 wurde für die Entdeckung dieser Zusammenhänge der Medizin-nobelpreis vergeben. Inzwischen ist eine Impfung gegen die wichtigsten krebs-erregenden HPV-Varianten verfügbar und gehört zum Vorsorgeprogramm bei Mädchen zwischen 12 und 17 Jahren. Abgeschlossen sein sollte die Impfung, die drei Einzeldosen umfasst, vor dem ersten Geschlechtsverkehr. □

Migrationsgeschichte eines Magenkeims



Das im Magen lebende Bakterium *Helicobacter pylori*, der Verursacher des Magengeschwürs, begleitet *Homo sapiens* seit seinem Auszug aus Afrika. Im menschlichen Organismus wanderte es über die Welt. Anhand von genetischen Vergleichen verschiedener *Helicobacter*-Stämme aus unterschiedlichen Erdteilen lassen sich die Migrationsbewegungen des Menschen präzise rekonstruieren.

Quelle: Mark Achtman, University College Cork



Patienten erzählen



Dass ich HIV-positiv bin, hat mir mein Frauenarzt 1994 gesagt, da war ich in der zwölften Woche schwanger. Zuerst behaupteten die Ärzte, das Kind würde bestimmt auch infiziert und man müsse abtreiben. Aber ich glaube, daran wäre ich zerbrochen. Als meine Tochter zur Welt kam, hat sich dann nach einiger Zeit abgezeichnet, dass sie das Virus nicht hat. Ich selber – das habe ich im Nachhinein herausbekommen – habe mich bei einem früheren Partner angesteckt. Er ist bluterkrank und hatte sich durch ein belastetes Blutprodukt infiziert, mir aber nie etwas gesagt. Heute habe ich ihm verziehen, ich trage ihm nichts nach.

Ich bin sehr gläubig geworden durch das, was passiert ist. Sonst hätte ich das alles nicht bewältigen können. Am Anfang habe ich ein unglaublich belastendes Doppelleben geführt und mir bei der Arbeit immer Geschichten ausgedacht, warum ich so oft in die Uniklinik muss. Aber nach und nach bin ich in die Sache hineingewachsen, immer offener geworden. Ich habe gelernt, Stärke auszustrahlen und von den anderen nicht zu viel zu erwarten. Dann können sie auch besser damit umgehen, dass ich HIV-infiziert bin.

Eigentlich geht es mir heute gut. Manchmal bin ich abgeschlagen, aber sonst merke ich nichts von der Infektion. Natürlich muss ich Medikamente nehmen. Ich habe schon alles Mögliche an Medikamenten durch und viele Nebenwirkungen gehabt, das war teilweise schlimm. Aber ich versuche, immer das Gute in den Dingen zu sehen, und ohne Medikamente wäre ich wahrscheinlich tot. Als ich die Diagnose bekam, war ich 26 und habe mir gedacht, mach dir ein paar schöne Jahre. Später habe ich mir gewünscht, meine Tochter noch in der Schule zu erleben. Jetzt ist sie 15. Vielleicht werd ich ja noch alt mit HIV.

Stefanie Eid, 42, lebt in Schmitten im Taunus. Sie wurde 1991 von ihrem damaligen Partner mit HIV infiziert.



Erst letztes Jahr hab ich gemerkt, dass ich ständig abgeschlagen und müde bin, manchmal auch depressiv. So war ich vorher eigentlich nie. Ich habe als Werkzeugmacher immer gern gearbeitet und das ganze Leben viel Sport gemacht, bis vor kurzem bin ich noch alle zwei Wochen einen Halbmarathon gelaufen. Als ich dann zum Arzt ging, hat sich herausgestellt, dass ich chronisch mit Hepatitis C infiziert bin. Ganz genau lässt sich das nicht sagen, aber wahrscheinlich habe ich mich durch eine Bluttransfusion vor mehr als 30 Jahren angesteckt, als man Blut noch nicht auf Hepatitis C testen konnte. Das Virus hat sozusagen in mir geschlummert, gemerkt hab ich nichts davon.

Jetzt bekomme ich seit einigen Monaten Tabletten und Spritzen. Das kostet viel Kraft. Durch die Mittel brauche ich viel mehr Schlaf, bei Stress geht es mir schnell ganz schlecht, ich fühle mich dann kraftlos und machtlos. Meine Frau braucht viel Geduld. Ich bin derzeit an einem Tiefpunkt, damit finde ich mich ab und versuche, das langsam in den Griff zu bekommen. Die Behandlung wird noch einige Monate weitergehen. Die Viren lassen sich im Blut inzwischen nicht mehr nachweisen, es kann sein, dass die Infektion ausheilt oder wieder aufflammt und die Leber dann dauerhaft schädigt. Ich bin eigentlich optimistisch, das bin ich von Natur aus, doch selbst wenn die Viren wiederkommen, könnte ich vielleicht in Zukunft noch eine andere Therapie beginnen, auch die Medizin macht ja Fortschritte. Auf jeden Fall möchte ich gern wieder fliegen. Bevor ich von der Krankheit wusste, hatte ich noch einen Pilotenschein für Ultraleichtflugzeuge gemacht. Ich will einmal mit dem Sportflieger durch Europa reisen.

Klaus-Dieter Behrend, 62, lebt in Berlin. Er hat sich vermutlich bei einer Bluttransfusion im Jahr 1979 mit Hepatitis C angesteckt.



Das Jahr 2003 war für mich schwer. Die ganze Zeit hatte ich mich schon schlecht gefühlt, ich spürte, dass irgendetwas ist. Wie sich herausstellte, hatte ich Gebärmutterhalskrebs. Viele Frauen wissen nach wie vor nicht, dass für die Krebsentstehung eine dauerhafte Infektion mit Viren, mit HPV, eine entscheidende Rolle spielt. Da ich als Chefsekretärin im Uniklinikum arbeite, saß ich sozusagen an der Quelle. Ich habe das Fachbuch von meinem Chef gelesen und wusste sehr, sehr genau, was los war. Ich wollte das wissen. Ich wurde sofort operiert. Alles kam raus, mit 37 Jahren, nur die Eierstöcke wurden belassen. Der ganze Bauch war entzündet,

es gab einen Abszess, die Wundheilung lief schlecht. Ich habe nie Angst gehabt zu sterben, aber ich hatte Angst. Meine Tochter war gerade im Abitur, und ich hatte große Furcht, dass sie es nicht schafft. Sie hat es geschafft. Die ganze Sache hat uns zusammengeschweißt, hat die Prioritäten verschoben. Dass nicht der Flachbildschirm wichtig ist, sondern das Leben.

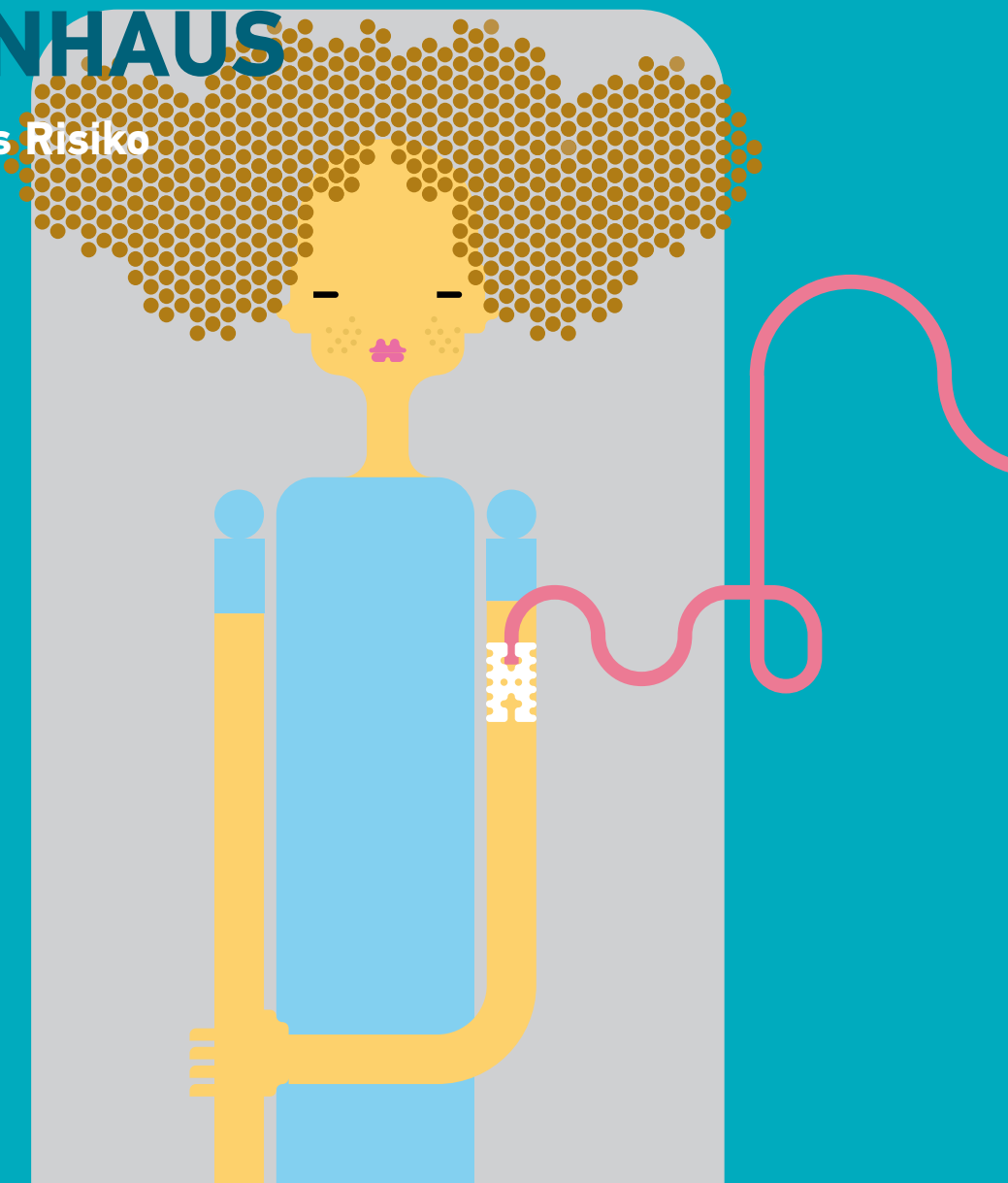
Meine größte Sorge war, nicht wieder arbeiten zu können, aus dem Leben raus zu sein. Eigentlich bin ich dann sehr schnell wieder zurückgekommen, nach einem Jahr war ich im Job schon wieder voll belastbar. Inzwischen habe ich den Krebs hinter mir gelassen. Ich bin oft bei Nachkontrollen, und weil die Lymphknoten bei der OP entfernt wurden, brauche ich jede Woche eine Lymphdrainage, damit die Beine nicht dick werden. Aber es geht mir gut. Ich gehe viel zu Fuß, arbeite viel im Garten. Ich höre heute auch viel bewusster auf die Signale aus meinem Körper. Ich wünsche mir einfach, dass ich gesund bleibe.

Grit Gardelegen, 44, lebt in Halle. Die Ansteckung mit humanen Papillomviren (HPV) liegt bei ihr viele Jahre zurück.

7

ANGESTECKT IM KRANKENHAUS

Die Behandlung als Risiko



Krankenhäuser sind nicht nur Orte der Gesundung – sondern auch Quellen der Ansteckung. Mehrere hunderttausend Patienten pro Jahr ziehen sich in deutschen Kliniken eine Infektionskrankheit zu, beispielsweise einen Harnwegsinfekt, eine Wundinfektion oder eine Lungenentzündung. Besondere Probleme bereiten dabei Erreger, die gegen Antibiotika resistent sind. Mindestens ein Drittel der Krankenhausinfektionen jedoch lässt sich durch gute Hygiene vermeiden. Die wichtigste Einzelmaßnahme ist das regelmäßige Desinfizieren der Hände.

Krank in der Klinik

Für die allermeisten Patienten sind Krankenhäuser Orte der Heilung. Bei manchen jedoch werden sie zur Quelle der Ansteckung. Schätzungsweise 400 000 bis 600 000 Menschen pro Jahr ziehen sich hierzulande durch einen Klinikaufenthalt eine Infektionskrankheit zu – 10 000 bis 15 000 von ihnen sterben. Das ist knapp ein Promille aller in deutschen Hospitälern behandelten Männer und Frauen.

Typische Probleme bei einer Klinikbehandlung sind Wundinfektionen nach einer Operation, zudem Harnwegsinfekte und Lungenentzündungen. Die höchste Infektionsrate findet sich auf Intensivstationen. Dort werden meist schwer kranke und infektanfällige Patienten behandelt, zugleich ist der Gebrauch medizinischer Geräte und Materialien beträchtlich. Beatmungsschläuche, Venen-

oder Blasenkatheter beispielsweise sind klassische Eintrittspforten für Erreger in den Organismus.

Auch ein intensiver Antibiotika-Einsatz ist charakteristisch für die Situation in der Klinik. Die Verwendung der Mittel schafft ein künstliches Milieu, in dem Mikroben, die Resistenzgene gegen die Substanzen besitzen, einen Überlebensvorteil vor ihren Artgenossen genießen – und sich entsprechend gut ausbreiten können. Ein notorisches Beispiel sind mehrfach resistente Bakterien vom Typ *Staphylococcus aureus*, abgekürzt als MRSA bezeichnet. Dabei handelt es sich um kugelförmige Keime, die verschiedenen Antibiotika widerstehen und die Fähigkeit besitzen, auf Kunststoffkathetern fest haftende Kolonien, so genannte Biofilme, zu bilden. Dringen sie in die Blutbahn ein, können sie eine Blutvergiftung (Sepsis)

STAPHYLOKOKKEN *Staphylococcus aureus*

lebt bei etwa jedem Dritten in der Nasenschleimhaut • löst bei normaler Immunabwehr keine Krankheitssymptome aus • kann im Krankenhaus etwa zu Wund- oder Katheterinfektionen führen • ist in seinen resistenten Varianten in vielen Kliniken ein Problem • wird bspw. durch Händekontakt übertragen • ist mit dem häufigen Hautkeim *Staphylococcus epidermidis* eng verwandt



PSEUDOMONADEN *Pseudomonas aeruginosa*

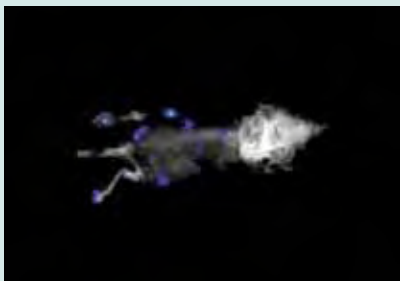
ist begeißelt und gehört zu den Schnellschwimmern unter den Bakterien • ist in feuchten Milieus, etwa in Badewannen oder im Leitungswasser, verbreitet • löst insbesondere bei abwehrgeschwächten Patienten Erkrankungen aus • zählt in Krankenhäusern zu den wichtigsten Infektionserregern • bildet bei Infektionen typischerweise blaugrünes Eiter



hervorrufen und auch die Herzklappen befallen. Rund 20 Prozent der *Staphylococcus aureus*-Stämme, die bei mikrobiologischen Untersuchungen in deutschen Kliniken nachgewiesen werden,

Dynamik der Blutvergiftung

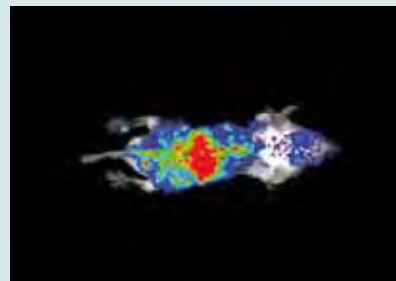
Durch Infektion von Versuchstieren mit genetisch veränderten Bakterien (Staphylokokken), die Lichtsignale durch die Haut hindurch abgeben, lässt sich die zeitliche Dynamik von Blutvergiftungen



erforschen. In den drei Aufnahmen (24, 48 und 82 Stunden nach der Infektion) ist zu sehen, wie sich die Erreger im Körper verbreiten und schließlich auch das Gehirn befallen. Eine Blaufärbung



verdeutlicht eine geringe, eine Rotfärbung eine hohe Erregerdichte. Anhand solcher Versuche könnten sich in Zukunft auch verbesserte Behandlungsstrategien gegen Blutvergiftungen entwickeln lassen.



Versuchsreihe: Universität Würzburg, Knut Ohlsen/Tina Schäfer

gehören zu den hartnäckigen MRSA. Daneben zählen inzwischen verschiedene andere Bakterien zu den Problemkeimen. Resistente Varianten der so genannten Enterokokken beispielsweise können schwer behandelbare Blutvergiftungen herbeiführen. Widerstandsfähige Keime vom Typ Pseudomonas, Klebsiella oder Acinetobacter indes lösen mitunter lebensbedrohliche Lungenentzündungen aus.

Das Personal als Risiko

Resistente Krankenhauskeime sind nicht nur schwer zu bekämpfen – sie können in

Kliniken auch von einem Patienten zum nächsten wandern. Dabei spielen Ärzte und Pfleger häufig die Rolle der Keimüberträger, vor allem durch nicht ausreichend desinfizierte Hände. Studien zufolge wird in deutschen Kliniken nur etwa die Hälfte der Händedesinfektionsmaßnahmen, wie sie beispielsweise vor dem Legen eines Venenkatheters notwendig sind, auch wirklich durchgeführt. Männliche Ärzte tendieren zur schlechtesten Händehygiene.

Tatsächlich kann bereits ein einzelner Krankenhausmitarbeiter, der täglich mit vielen Patienten Kontakt hat, durch nach-

lässige Hygiene einem Krankheitsausbruch in der Klinik Vorschub leisten. Umgekehrt ist bekannt, dass sich mindestens ein Drittel aller Krankenhausinfektionen durch einen guten hygienischen Standard vermeiden lässt. Die bei weitem wichtigste Einzelmaßnahme dabei ist das regelgerechte Desinfizieren der Hände.

Die Kette der Keime

Widerstandsfähige Krankenhauskeime können von einer Klinik auf die andere überspringen. Typisches Beispiel ist die Verlegung von Patienten: Sind sie un-



Gina Sander, fotolia

Über die Hände von Ärzten und Pflegeern wandern Krankenhauskeime nicht selten von einem Patienten zum nächsten. Dabei leistet eine ungenügende Händehygiene der Erregerverschleppung Vorschub.

ENTEROKOKKEN *Enterococcus faecium*

lagert sich mit Artgenossen zu kurzen Ketten zusammen • lebt wie sein Verwandter *Enterococcus faecalis* im Darm von Mensch und Tier • ist normalerweise harmlos • kann immunschwachen Patienten gefährlich werden • löst bei langen Klinikaufenthalten bisweilen bedrohliche Blutvergiftungen aus • ist durch zunehmende Antibiotikaresistenz immer schwerer zu behandeln



KLEBSIELLEN *Klebsiella pneumoniae*

ist ein stäbchenförmiges Bakterium • kann bei Gesunden im Darm und in den oberen Atemwegen leben • kommt in zahlreichen Varianten auch im Erdreich und in Gewässern vor • ist in Kliniken ein typischer Auslöser von Lungenentzündungen



bemerkt mit einem resistenten Bakterienstamm infiziert, reisen die Mikroben per Krankentransport gleich mit. Die Folge sind oft regionale, mitunter aber auch nationale oder sogar internationale Infektketten. Anhand von genetischen Analysen lässt sich die Verschleppung spezifischer Erregerstämme im Nachhinein häufig rekonstruieren.

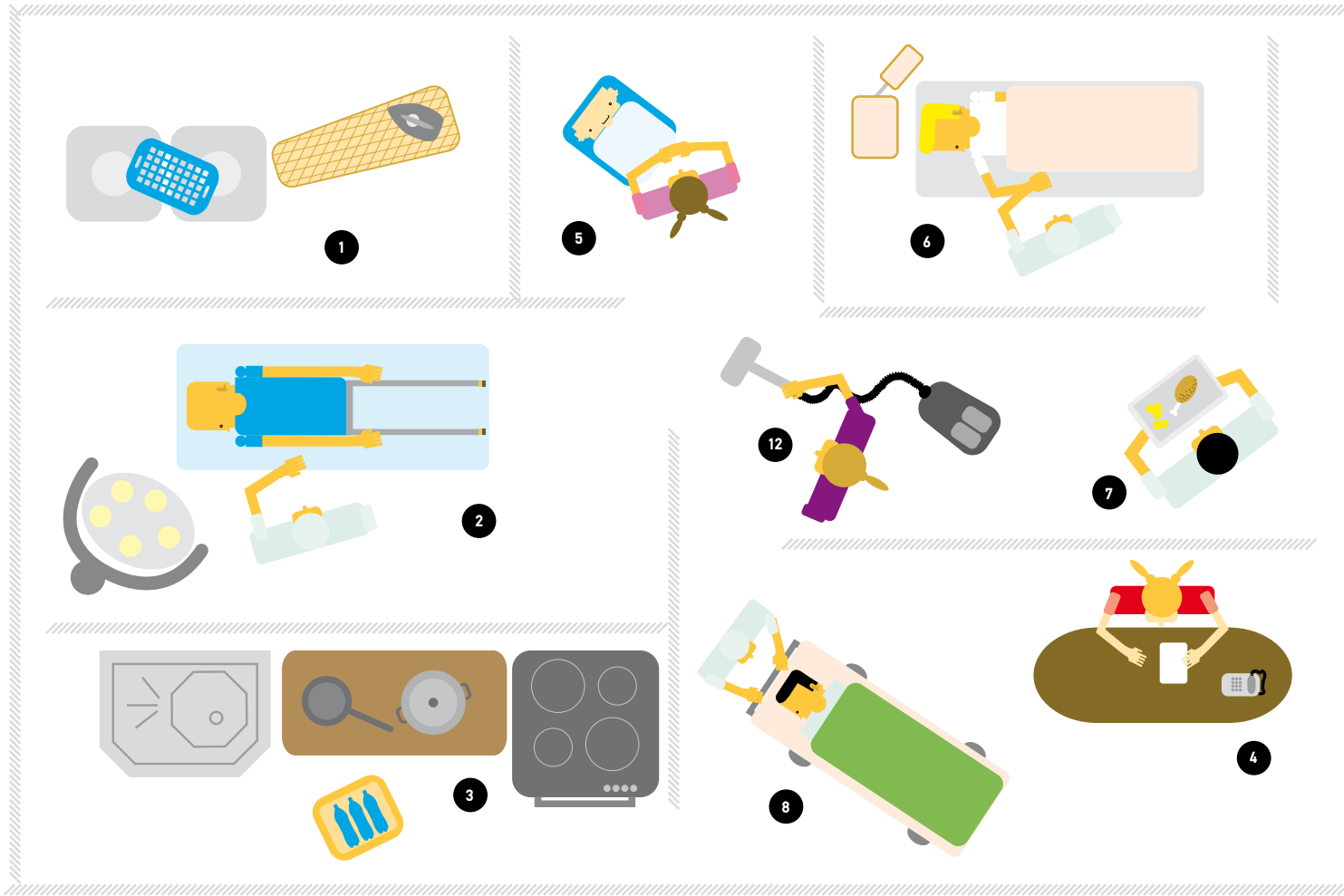
Auch bei der Entlassung von Patienten nach Hause oder der Verlegung in ein Pflegeheim kommt es zur Erregerverschleppung. Inzwischen nimmt man an, dass Patienten beispielsweise die problematischen MRSA-Keime nicht selten ins häusliche Umfeld tragen, wo sie dann zirkulieren. Die Mikroben finden sich zu meist in der Nase und rufen bei normaler Immunabwehr keine Symptome hervor. Wird indes eine erneute Klinikaufnahme notwendig, gelangen die Keime als blinde Passagiere ins Krankenhaus zurück – und eine neue Infektkette beginnt.

Der Wert der Prävention

Selbst komplexe Infektketten mit multi-resistenten Erregern lassen sich erfolgreich unterbrechen. So liegt der Anteil der gefürchteten MRSA-Keime in holländischen Krankenhäusern bei deutlich unter einem Prozent – und damit mehr als 20-mal niedriger als in Deutschland. Bereits seit vielen Jahren wird in den Niederlanden eine Präventionsstrategie

verfolgt, die neben systematischen Such-Tests auf die Erreger auch die Isolierung und rasche Behandlung befallener Personen sowie die genaue Einhaltung hygienischer Standards umfasst. Mittlerweile haben das Universitätsklinikum Münster und viele umliegende Krankenhäuser diese Strategie im Rahmen eines deutsch-niederländischen Netzwerkprojekts übernommen. Patienten, die mit MRSA angesteckt sind, werden dabei nicht nur in den Kliniken selbst, sondern auch von ihren Hausärzten konsequent behandelt. Ähnliche Netzwerke gibt es inzwischen in einer wachsenden Zahl von Regionen.

Tatsächlich kommt die MRSA-Prävention nicht nur den Patienten zugute – sondern senkt auch die Behandlungskosten. Man weiß, dass Klinikinfektionen mit den Problemkeimen beispielsweise durch verlängerte Liegezeiten oder zusätzliche Tage auf der Intensivstation schnell zu Mehrkosten von mehreren tausend Euro führen. Durch systematische Vermeidung der MRSA-Infektionen könnte ein großes Universitätskrankenhaus nach Modellschätzungen bis zu einer Million Euro jährlich sparen. □

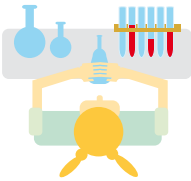


Hygiene in der Klinik

1 WÄSCHEREI

Wäsche aus der Patientenversorgung ist nicht selten durch Eiter oder andere infektiöse Sekrete verunreinigt und muss zusätzlich zum Waschen desinfiziert werden. Unerlässlich ist in der Wäscherei die Trennung in eine reine und unreine Seite. Auf der unreinen Seite sollte das Personal Schutzkleidung tragen und sich regelmäßig die Hände desinfizieren.

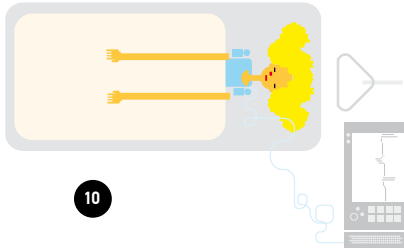
11



3 KRANKENHAUSKÜCHE

Sie ist potenzieller Ausgangspunkt von Lebensmittelinfektionen, bspw. durch Salmonellen. Besonders wichtig für die Infektionsprävention ist die strikte Trennung von reinen und unreinen Bereichen in den Klinikküchen sowie die ausreichende Kühlung und der rasche Verbrauch von Rohwaren und angebrochenen Lebensmittelpackungen.

10



8 KRANKENTRANSPORT

Die Patientenverlegung von einer Klinik in die andere kann zur Verbreitung von Krankheitskeimen führen. Ist z. B. bei einem Patienten eine Besiedelung mit resistenten Bakterien bekannt, müssen die Sanitäter und die Ärzte am Zielort vorab informiert werden. Während des Transports kann das Tragen von Schutzmitteln und Schutzhandschuhen durch das Einsatzpersonal notwendig sein.

9 OPERATIONSSAAL

Zu den Maßnahmen der Infektionsvermeidung bei Operationen gehören die Desinfektion des Operationsfeldes auf der Haut des Patienten, die Sterilisation von Instrumenten, das Tragen von Schutzmänteln, Masken und Handschuhen sowie die Nutzung spezieller raumlufttechnischer Anlagen. Operationssäle gehören in Kliniken zu den hygienisch am strengsten kontrollierten Orten.

10 INTENSIVSTATION

Hier ist das Infektionsrisiko wegen der hohen Anfälligkeit der Patienten und dem häufigen Einsatz von medizinischen Materialien wie Kathetern oder Beatmungsschläuchen besonders groß. Typisches Problem bei beatmeten Patienten sind Lungenentzündungen, bspw. durch das Bakterium *Pseudomonas aeruginosa*. Der Keim ist weit verbreitet und kommt etwa im Leitungswasser vor.

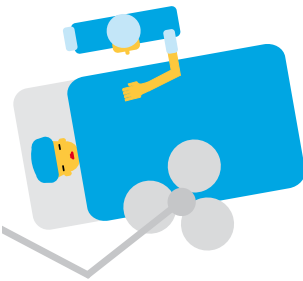
11 LABOR

Analysen auf den genauen Typ des Erregers bei einer Infektion gehören in allen Kliniken zur Routine. Nur durch Kenntnis des jeweiligen Keims ist eine gezielte Antibiotikatherapie möglich. Mikrobiologische Analysen werden beispielsweise anhand von Blutkulturen oder Sekretproben vorgenommen.

12 GEBÄUDEREINIGUNG

Bei gewöhnlichen Flächen wie beispielsweise Stationsfluren genügt die Reinigung mit Wasser und Reinigungsmitteln. Flächen und Gegenstände mit häufigem Haut- oder Händekontakt dagegen können zur Weiterverbreitung von Erregern beitragen und sollten mit Desinfektionsmitteln behandelt werden.

9



4 EMPFANGSBEREICH

In öffentlich zugänglichen Klinikbereichen besteht in aller Regel kein erhöhtes Infektionsrisiko. Wenn Besucher indes Patienten aufsuchen möchten, die besonders infektionsgefährdet oder mit multiresistenten Bakterien besiedelt sind, müssen sie vor Betreten des Krankenzimmers Einmalkittel, Masken und Handschuhe anziehen.

5 KINDERKRANKENZIMMER

Durch besonders enge Körperkontakte oder triefende Nasen verbreiten Kinder Krankheitskeime oft schneller als Erwachsene. Auch gibt es kindertypische Erreger, bspw. die Durchfall auslösenden Rotaviren. Die prinzipiellen Hygieneregeln sind indes dieselben wie bei Erwachsenen. Beim Windeln beugen Einmalunterlagen einer Keimverschleppung vor. Spielzeug muss mitunter desinfiziert werden.

6 ARZTVISITE

Über die Hände des ärztlichen und pflegerischen Personals können Krankheitserreger von einem Klinikpatienten zum nächsten verbreitet werden. Zur Minimierung der Erregerverschleppung sollten sich Ärzte und Pfleger vor und nach einem Patientenkontakt die Hände desinfizieren.

7 ESSENSVERTEILUNG

Vor dem Verteilen des Essens sollte sich das Personal die Hände sorgfältig waschen, beim Bedienen besonders infektanfälliger Patienten auch desinfizieren. Die Speisen selbst müssen bei langen Transport- und Standzeiten unter 10 °C gekühlt oder in beheizten Transportwagen bei über 65 °C heiß gehalten werden. Im Temperaturbereich dazwischen vermehren sich die meisten Lebensmittelkeime besonders gut.

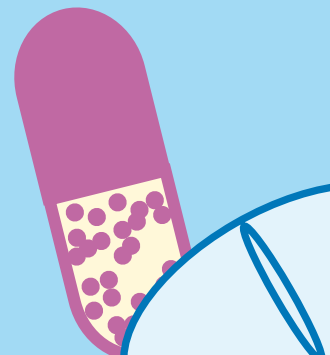
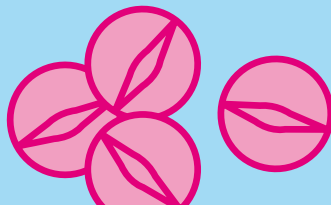
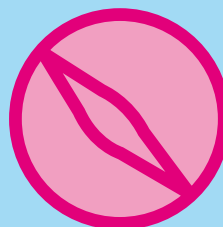
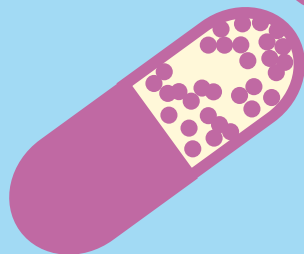
2 UNTERSUCHUNGSRAUM

Untersuchungsliegen sind bisweilen durch Erreger wie das Bakterium *Staphylococcus aureus* kontaminiert. Die Keime gehen von der Haut der Patienten auf die Oberfläche der Liegen über, wo sie prinzipiell wochenlang überdauern und andere Patienten infizieren können. Dies lässt sich durch Einmalaufgaben und regelmäßige Desinfektion der Kontaktflächen vermeiden.

8

Neue Mittel für die Therapie

Der Wettlauf mit den Mikroben



Bakterien sind Überlebenskünstler. Setzt man Antibiotika gegen sie ein, schalten sie oft Schutzmechanismen an. Zudem können sie Resistenzgene untereinander austauschen. Die Infektionsmedizin steht gleichsam in einem Wettlauf mit den Mikroben – und ist immer wieder auf neue Mittel angewiesen. Allerdings waren echte Innovationen in den vergangenen Jahrzehnten rar. Eine viel versprechende Strategie ist nach wie vor, in der Natur nach neuen Substanzen zu suchen, die gegen Krankheitskeime wirken. Auch am Computer werden Medikamentenmoleküle entworfen und optimiert. Damit könnten vor allem Viren besser beherrschbar werden.

Mikroben haben viele Leben

Bakterien sind erfindungsreiche Lebewesen – und auch mit Antibiotika oft nicht leicht zu fassen. Setzt man die Mittel gegen sie ein, finden die Mikroben über kurz oder lang zumeist einen Weg, sich dagegen zu schützen. Sie können ihren Stoffwechsel umstellen, Schutzmechanismen aktivieren und Resistenzgene austauschen. Die Antibiotikatherapie – eine der wichtigsten Waffen der Infektionsmedizin – ist nicht selten eine Lösung auf Zeit. Mikroben haben viele Leben.

Bestes Beispiel: Penicillin. Als Ärzte in den 1940er-Jahren das Antibiotikum weithin zu nutzen begannen, fanden sich schnell bestimmte Bakterien (Staphylokokken), an denen das Mittel geradezu abperlte. Es stellte sich heraus, dass die Mikroben ein besonderes

Enzym produzierten, mit dem sie das Antibiotikum einfach abbauten.

Die Pharmaindustrie reagierte – und entwickelte einen chemischen Abkömmling des Penicillins, genannt Methicillin. Methicillin kann durch das besagte Enzym nicht zerstört werden, die Resistenz der Bakterien schien überwunden. Jedoch tauchten bereits zwei Jahre nach Einführung des neuen Mittels Staphylokokken-Stämme auf, die über einen anderen Stoffwechselmechanismus nun auch dieses Antibiotikum aushebeln konnten. Seither sind die Methicillin-resistenten Staphylokokken, abgekürzt MRSA, zu einer weltweiten Bedrohung geworden. Vor allem bei Infektionen in Krankenhäusern spielen die hartnäckigen Keime eine bedeutende Rolle.

Der eigentliche Grund, dass Bakterien resistent gegen Antibiotika werden, liegt

in zufälligen Veränderungen ihres genetischen Materials. Die Resistenzgene können sich über besondere Austauschmechanismen auch auf andere Mikrobenstämme verbreiten, zum Beispiel im Erdboden. Es gibt daher in der Umwelt ein großes Reservoir an Resistenzgenen. Ist der Antibiotika-Einsatz wie in Kliniken hoch, genießen resistente Erreger einen Überlebensvorteil vor ihren Artgenossen und vermehren sich besonders gut. Die Antibiotikatherapie – so unverzichtbar sie ist – produziert mitunter ihren eigenen Misserfolg.

Auch bei anderen bedeutsamen Krankenhauskeimen lässt sich dieses Phänomen beobachten, darunter widerstandsfähige Bakterien vom Typ *Pseudomonas*, *Escherichia* oder *Klebsiella*, die beispielsweise gefährliche Lungenentzündungen auslösen können. Zudem stellen mehrfach

TUBERKULOSE**Mycobacterium tuberculosis**

ist vor schätzungsweise 40 000 Jahren entstanden • wurde 1882 von Robert Koch entdeckt • kommt mit seinen Verwandten auch bei Rindern, Rotwild, Seehunden oder Papageien vor • war hierzulande im 19. und Anfang des 20. Jahrhunderts einer der verbreitetsten Seuchenkeime • ist in Entwicklungsländern weiterhin die führende bakterielle Todesursache • kann mitunter zahlreichen Antibiotika widerstehen

**NOROVIRUS**

ist ein genetisch hochvariabler Erreger • zählt hierzulande zu den häufigsten Ursachen von Brechdurchfällen • löst insbesondere bei kleinen Kindern und älteren Menschen Erkrankungen aus • hat zuletzt verstärkt zu Ausbrüchen in Kitas, Altenheimen oder Kliniken geführt • lässt sich bisher nicht durch ein spezifisches Medikament oder eine Impfung bekämpfen



resistente Tuberkulosebakterien in Ländern wie China, Indien und Russland inzwischen eine empfindliche Bedrohung dar. Im Wettlauf mit diesen Mikroben werden neuartige Antibiotika dringend gebraucht.

Medizin und Markt

Fast alle heutigen Antibiotika zählen zu Wirkstofftypen, die zwischen den 1930er- und frühen 1960er-Jahren eingeführt wurden. Zwar hat man die Substanzen, die zum Teil einfach zufällig entdeckt wurden, vielfältig modifiziert und optimiert. Echte Neuerungen aber gab es kaum.

Die Innovationslücke hat verschiedene Ursachen. Zum einen sind Bakterien zu anpassungsfähig und komplex, um simple Rezepte gegen sie finden zu können. Obwohl heute die Genome sämtlicher wichtiger Krankheitserreger bekannt sind, hat dies noch zu keinem nennenswerten Fortschritt in der Antibiotikaentwicklung geführt.

Zum anderen indes haben sich nicht wenige Pharmafirmen aus der aufwändigen Antibiotikaforschung zurückgezogen. Antibiotika werden – anders als etwa Cholesterinsenker – nur kurzfristig verabreicht, weshalb sich mit Neuerungen kaum Geld verdienen lässt und der Anreiz zur Forschung gering bleibt. Als Innovationsmotor fungieren die Unternehmen daher nur noch zum Teil. Zunehmende Bedeutung gewinnen dagegen internationale Forschungsinitiativen – beispielsweise die auf Tuberkulose (TB) ausgerichtete „TB Alliance“ –, in denen neben Pharmakonzernen vor allem private Stiftungen, öffentliche Geldgeber und akademische Einrichtungen die Entwicklung von neuen Medikamenten gemeinsam vorantreiben.

Unentdeckte Schätze der Natur

So deutlich der Mangel an wirksamen Antibiotika ist, so viel versprechend sind zugleich manche derzeitige Forschungsstrategien. Ein Ansatz liegt darin, bereits bekannte Substanzen auf neue Einsatz-

möglichkeiten hin zu testen. Beispielsweise hat sich der Farbstoff Methylenblau – eine in der Zeit Robert Kochs eingeführte chemische Verbindung – in aktuellen Studien als Mittel gegen Malaria erwiesen.

Fast noch attraktiver ist, in der Natur nach komplett neuen Wirkstofftypen zu fahnden. So bilden Bakterien im Erdboden oder auch Meeresschwämme vermutlich eine Vielzahl von noch unentdeckten biologisch aktiven Substanzen. Man nimmt an, dass sie etwa als Signalstoffe in mikrobiellen Lebensgemeinschaften

EBOLAFIEBER Ebolavirus

ist ein tropischer Erreger mit einer für ein Virus ungewöhnlichen Form • kommt vermutlich bei afrikanischen Flughunden vor • führt bei Befall des Menschen zu einer Fieberekrankung mit meist tödlichem Verlauf • verursacht erstmals 1976 in Afrika eine Epidemie • ist nach dem Ebola-Fluss, einem Seitenarm des Kongos, benannt



dienen – und in hoher Dosis auch als therapeutische Mittel gegen Krankheitserreger nutzbar sein könnten. Für solche medizinisch wertvollen Naturstoffe gibt es bereits einschlägige Beispiele. So stammt das Tuberkulosemedikament Streptomycin ursprünglich aus bestimmten Bodenbakterien, den Streptomyceten. Dagegen ist das bekannteste Antibiotikum überhaupt, das Penicillin, ein natürliches Produkt von Penicillium chrysogenum – einem weit verbreiteten Schimmelpilz.

Medikamenten-Design am Computer

Auch am Computer lassen sich heute Wirkstoffe entwerfen oder optimieren. Die Strategie ist insbesondere geeignet, um neue Mittel gegen Viren – so genannte Virostatika – zu entwickeln. Dabei geht der Substanzentwicklung die genaue Erforschung der molekularen Struktur des Virus voraus. Ist ein guter Angriffspunkt für eine antivirale Substanz

bekannt, zum Beispiel ein wichtiges Virus-Enzym, lässt sich dann mit 3-D-Simulationen am Computer testen, wie ein Medikamentenmolekül beschaffen sein muss, um an das Enzym andocken und es dadurch lahmlegen zu können.

Bisher sind nur gegen wenige Viren überhaupt Medikamente verfügbar, vor allem gegen HIV, Grippe-, Hepatitis- und Herpesviren. Für die Behandlung der meisten anderen Viruskrankheiten fehlen

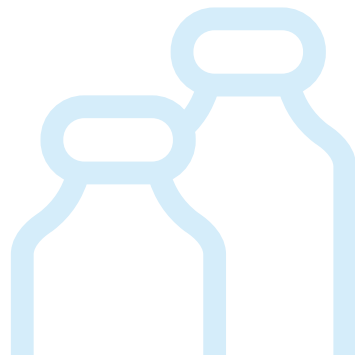
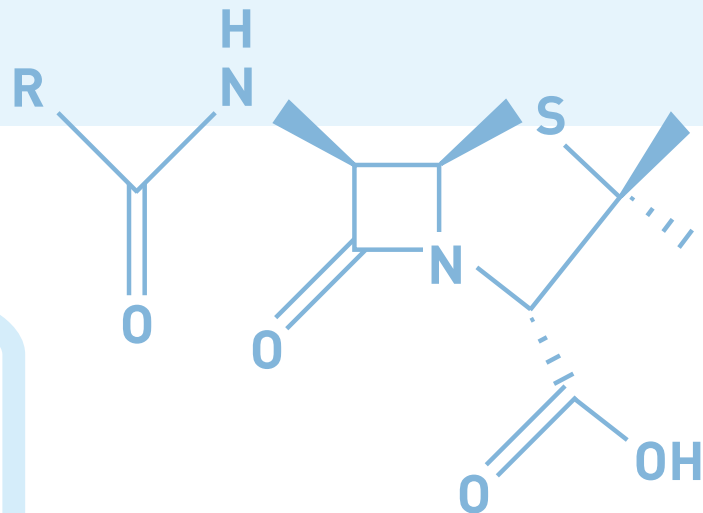
dagegen geeignete Mittel. Inzwischen werden allerdings weltweit zahlreiche Wirkstoffkandidaten erforscht, mit denen sich viele virale Erreger in Zukunft besser in den Griff bekommen lassen könnten. Zu ihnen zählen die hierzulande immer häufigeren Noroviren, die Brechdurchfälle auslösen, ebenso wie bedeutende tropische Fieber-Erreger – darunter das Dengue-, Lassa- oder Ebolavirus. □



Mäusefänger, fotolia

Apotheke des Meeres

In marinen Schwämmen (hier ein Schwamm der Gattung Axinella) fahnden Forscher nach noch unbekanntem Substanzen, die sich als Mittel gegen Krankheitserreger nutzen lassen könnten. Jährlich werden mehr als 200 chemische Stoffe aus Meeresschwämmen entdeckt. Einige von ihnen sind viel versprechende Kandidaten für neue Medikamente, beispielsweise gegen Malaria, Tuberkulose oder AIDS.



9

ENDE EINER GEFAHR

Impfstoffe und die Ausrottung von Krankheiten



Impfstoffe zählen zu den Trümpfen der Medizin. Dank systematischer Impfungen sind die Pocken weltweit verschwunden, und die Kinderlähmung kommt nur noch in einzelnen Ländern Afrikas und Asiens vor. Auch die Masern – noch immer eine häufige Todesursache in ärmeren Regionen – könnten sich durch konsequente Immunisierungen ausrotten lassen. Allerdings wirken nicht alle Impfungen gleich gut. Beispielsweise suchen Forscher intensiv nach einem verbesserten Schutz gegen Tuberkulose. Auch die Art des Impfens wandelt sich: Manche neuartigen Impfstoffe werden in die Nase gesprüht – oder als Pflaster auf die Haut geklebt.

Ein Trumpf der Medizin

Impfungen sind Trümpfe der Infektionsmedizin. Sie verändern das Kräfteverhältnis zwischen Mensch und Mikrobe. Sie können den Einzelnen, aber auch ganze Bevölkerungen schützen. Manche Erreger – vor allem einige Viren, die sich nur im menschlichen Organismus vermehren – lassen sich mit Impfstoffen sogar ausrotten.

Das bekannteste Beispiel sind Pockenviren. Seit alters her galten die Pocken als eine der berüchtigtsten Plagen. Im Jahr 1978 indes wurde nach einer zehnjährigen internationalen Impfkampagne der letzte Pockenfall überhaupt gemeldet. 1980 erklärte dann die Weltgesundheitsorganisation (WHO) die Welt für pockenfrei.

Bisher sind die Pocken die einzige vollständig ausgerottete Infektionskrankheit, doch ließen sich durch systematische Impfungen auch andere Erreger elimi-

nieren. So kommen Polioviren – die Auslöser der Kinderlähmung – dank konsequenter Impfprogramme in Europa und Amerika sowie im westpazifischen Raum heute nicht mehr vor. Weltweit sind die Viren nur noch in vier Ländern heimisch: in Indien, Pakistan und Afghanistan sowie in Nigeria. Mit der Behauptung, der Impfstoff wäre absichtlich verseucht worden, hatten muslimische Geistliche im Norden Nigerias im Jahr 2003 einen zeitweiligen Impfstopp durchgesetzt. Dadurch kam es in dem Land zu einem erneuten Ausbruch der Kinderlähmung sowie zur Verschleppung der Viren in 18 bereits poliofreie afrikanische Staaten. Prinzipiell jedoch ist die Ausrottung des Erregers in greifbarer Nähe – und erklärtes Ziel der WHO.

Ähnliches trifft auch auf die Masern zu. Sind mehr als 95 Prozent der Bevölkerung zweimal gegen Masern geimpft, findet das Virus nicht mehr genug Ungeschützte, um sich zu verbreiten, und



Leah-Anne Thompson, fotolia

Impfungen können den Einzelnen – aber auch ganze Bevölkerungen schützen. Manche Krankheitserreger lassen sich mit Impfstoffen sogar ausrotten.

kann demzufolge ausgerottet werden. Nord- und Südamerika gelten bereits als masernfrei. Hierzulande gibt es weiterhin Masernausrüche, da vor allem bei Kindern und Jugendlichen noch Impflücken bestehen. Zu tödlichen Verläufen kommt es jedoch nur in Einzelfällen. Eine ernste Bedrohung dagegen sind die Masern in vielen Entwicklungsländern, wo

CDC, C. Goldsmith/W. Bellini



Ein Masernvirus

sie vor allem bei Kindern mit Unterernährung und Vitamin-A-Mangel zu den häufigen Todesursachen gehören. Allerdings ließen sich inzwischen auch hier durch internationale Impfkampagnen beachtliche Erfolge erzielen. Allein zwischen dem Jahr 2000 und 2008 wurden fast 700 Millionen Kinder in Hochrisikoländern gegen Masern geimpft. Im selben Zeitraum sank die weltweite Zahl der Maserntodesfälle von circa einer Dreiviertelmillion auf etwa 150 000 pro Jahr.

Ein Schutz vor Giften und Tumoren

Viele Impfungen – etwa gegen Masern und Mumps, Keuchhusten oder Grippe – richten sich gegen die Krankheitserreger selbst. Andere dagegen zielen auf ihre giftigen Produkte. Beispiel Tetanus: Der Erreger, ein Bodenbakterium, kommt praktisch in jedem Blumenbeet vor und ließe sich daher nie ausrotten. Allerdings kann der Körper durch eine Tetanus-Impfung gegen ein bestimmtes Nervengift aus den Bakterien immunisiert werden – erst dieses Gift ruft den gefährlichen Wund-

starrkrampf hervor. Vergleichbares gilt für Diphtherie, die ebenfalls durch ein Bakteriengift ausgelöst wird. Die Erkrankung, die bis hin zu Erstickenanfällen führen kann, zählte hierzulande noch in den 1950er-Jahren vor allem bei Kindern zu den typischen Todesursachen unter den Infektionen. Dank systematischer Immunisierungen gegen das Diphtherie-Gift tritt die Erkrankung in Deutschland heute nur noch in Einzelfällen auf.

Noch ein anderes Ziel lässt sich mit Impfungen verfolgen: der Schutz vor Tumoren. Ein Beispiel ist die Vakzine gegen so genannte humane Papillomviren, die sich bei Frauen mitunter im Gebärmutterhals einnisten und dort nach Jahren ein Krebsgeschwür auslösen. Auch die Impfung gegen Hepatitis B beugt Tumoren vor. So kann die Infektion mit dem Hepatitis-B-Virus zu chronischen Leberentzündungen und sogar zu bösartigen Lebertumoren führen. Durch die inzwischen routinemäßig verabreichte Hepatitis-B-Vakzine dürfte sich zumindest ein Teil dieser Tumore in Zukunft vermeiden lassen.

Das Kalkül von Nutzen und Risiko

Wie alle medizinischen Eingriffe können Impfungen Nebenwirkungen mit sich bringen. Allerdings sind die Risiken bei den empfohlenen Immunisierungen im Verhältnis zum Nutzen sehr klein. Ein Beispiel ist die Impfung gegen Masern. Die Vakzine enthält abgeschwächte, aber noch lebende Masern-Erreger. Zwar weiß man, dass das

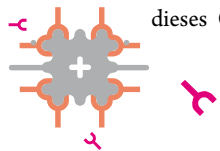
Impf-Virus etwa bei einem von einer Million Geimpften eine Entzündung des Gehirns, eine akute Enzephalitis, hervorruft. Doch bei den echten Masern tritt diese Hirnentzündung bei einem von tausend Kindern auf. Das Enzephalitis-Risiko liegt damit bei der Impfung um ein Vielfaches niedriger, als wenn man die Masern wirklich durchmachen würde.

Auch Fieber oder Übelkeit sowie Hautreizungen an der Injektionsstelle können nach Impfungen auftreten. Dabei handelt es sich um zumeist leichte, schnell abklingende Reaktionen des Organismus, der sich mit dem Impfstoff auseinandersetzt. Mit der eigentlichen Infektion sind sie nicht zu vergleichen.

Wie lässt sich das Immunsystem trainieren?

Impfungen trainieren das Immunsystem – noch bevor ein bestimmter Erreger den Körper befällt. Als Impfstoffe werden beispielsweise abgeschwächte oder tote Krankheitskeime oder auch Bestandteile von ihnen verwendet. Die Abwehrzellen des Körpers bilden bei der Impfung ein immunologisches Gedächtnis für diese Strukturen aus und können dadurch im Fall einer tatsächlichen Infektion schneller und effektiver reagieren.

Allerdings wirken nicht alle Impfungen gleich gut. Während eine zweifache Vakzination gegen Masern, Mumps und Röteln bei den allermeisten Geimpften einen lebenslangen Immunschutz hinterlässt, hält eine Grippe-Impfung in der Regel nur für eine Saison und schlägt auch



nicht bei allen an. Der Impf-Effekt hängt dabei nicht nur von dem jeweiligen Erreger und der Art des Impfstoffs ab, sondern beispielsweise auch vom Alter des Geimpften. Besonders schwer lässt sich das Immunsystem etwa bei Tuberkulose aktivieren. Zwar hilft der in den 1920er-Jahren eingeführte und bis heute eingesetzte Impfstoff gegen Tuberkulose (BCG-Impfstoff), besonders schwere Krankheitsverläufe im Kindesalter zu vermeiden. Die Vakzine schützt aber nicht generell vor Infektion und Erkrankung. Inzwischen versuchen viele internationale Forschergruppen, eine effektivere Tuberkulose-Impfung zu entwickeln – beispielsweise durch genetische Veränderung der Impfbakterien oder Kombination unterschiedlicher Impfstoffe in einem Zwei-Stufen-Verfahren. Hierzulande wird die Immunisierung gegen Tuberkulose nicht zuletzt wegen der geringen Erkrankungswahrscheinlichkeit nicht mehr empfohlen. Weltweit jedoch zählt sie weiterhin zu den häufigsten Kinder-Impfungen überhaupt. Tuberkulose ist in Entwicklungsländern neben AIDS und Malaria die bedeutendste Seuche – zu ihrer Kontrolle würde eine bessere Impfung dringend gebraucht.

Impfstoffe zum Schlucken, Sprühen und Aufkleben

Typischerweise werden Impfungen per Spritze verabreicht. Doch zumindest bei manchen Vakzinen lässt sich auf die Impf-

nadel verzichten. Altbekanntes Beispiel ist die Schluckimpfung gegen Kinderlähmung. Schluckimpfungen sind einfach zu verabreichen und für große Impfkampagnen besonders geeignet. Daher sind sie für die angestrebte weltweite Ausrottung der Kinderlähmung unverzichtbar. In Deutschland wird allerdings nicht mehr die Polio-Schluckimpfung, sondern eine injizierbare Vakzine gegen Kinderlähmung verwendet.

Auch die unlängst eingeführten Impfstoffe gegen Rotaviren – die häufigsten Durchfallerreger bei kleineren Kindern – werden geschluckt. Dadurch stimulieren sie das Immunsystem genau dort, wo die Erreger angreifen. Sogar ein essbarer Cholera-Impfstoff aus gentechnisch verändertem Reis befindet sich in Erforschung. Der Impfreis, der zur Lagerung nicht gekühlt werden muss, produziert unschädliche Teile des für die Cholera-Durchfälle verantwortlichen Bakteriengifts und regt dadurch die Immunabwehr an.

Ersetzen lässt sich die Impfspritze auch durch das Sprühen von Impfstoffen in die Nase. So wird in den USA eine Sprüh-Vakzine gegen Grippe in bestimmten Fällen verwendet. Fast erstaunlicher ist allerdings noch eine weitere Technologie: das Impfpflaster. In derzeit laufenden Studien testen Ärzte beispielsweise eine Pflasterimpfung gegen Reisedurchfall. Die auch als „Montezumas Rache“ bekannte Durchfallerkrankung tritt vor allem bei Urlaubsreisen in tropische

und subtropische Länder auf und wird durch das Gift bestimmter Kolibakterien verursacht. Das Impfpflaster gibt das Bakteriengift in die Haut hinein ab – und löst dadurch die Bildung von Antikörpern durch das Immunsystem aus. □

POCKEN Pockenvirus

ist das größte bekannte Virus überhaupt und besitzt eine backsteinartige Form • hat seit alters her zahlreiche Epidemien verursacht • führte bei fast jedem dritten der nicht geimpften Infizierten zum Tod • wurde durch weltweite Impfungen in den 1970er-Jahren ausgerottet • kommt in den für Menschen weniger gefährlichen Varianten bei vielen Tieren vor



KINDERLÄHMUNG Poliovirus

kommt nur beim Menschen vor • vermehrt sich vor allem in der Darmschleimhaut • wird mit dem Stuhl ausgeschieden und ist hoch ansteckend • befällt bei einem kleinen Teil der Infizierten das Zentralnervensystem • kann zu schweren Lähmungen und zum Tod führen • wurde in vielen Ländern durch Impfkampagnen bereits eliminiert



MASERN Masernvirus

kommt nur beim Menschen vor und ist sehr ansteckend • wird durch Sekrettröpfchen, etwa beim Husten oder Niesen übertragen • verursacht eine fiebrige Erkrankung mit typischem Hautausschlag • ist in Entwicklungsländern eine häufige Todesursache bei Kindern • löst hierzulande immer noch Krankheitsausbrüche aus • ließe sich durch die systematische Impfung vollständig ausrotten



10

WAS KANN ICH TUN?

Hygiene im Alltag



Viele Infektionen im Alltag lassen sich durch einfache Hygieneregeln vermeiden. Beispielsweise kann den hierzulande weit verbreiteten Lebensmittelinfektionen durch das Einhalten der Kühlkette oder das Durchgaren von Fleisch häufig vorgebeugt werden. Auch eine hygienische Arbeitsweise beim Kochen und das sorgfältige Reinigen von Oberflächen dienen der Infektionsabwehr. Besondere Bedeutung besitzt zudem das regelmäßige Händewaschen: Es verringert sowohl das Risiko von Durchfallerkrankungen als auch die Zahl der Atemwegsinfekte.

Keime in der Küche

Lebensmittelinfektionen gehören zu den häufigsten Alltagsinfektionen überhaupt. In Deutschland treten jedes Jahr einige hunderttausend Magen-Darm-Erkrankungen durch erregerhaltige Lebensmittel auf – typischerweise gehen sie mit Durchfällen, Erbrechen und Bauchschmerzen einher. Vor allem bei kleineren Kindern oder alten Menschen können Lebensmittelinfektionen mitunter eine Krankenhauseinweisung notwendig machen oder sogar tödlich verlaufen.

Weithin bekannt sind Infektionen durch Salmonellen. Dabei handelt es sich um Bakterien, die im Darm vieler Tiere leben und zum Beispiel über Hühnerkot auf die Schalen von Eiern und in der Folge manchmal in das Innere des Eis gelangen können. Rohe oder nur weich gekochte Eier sowie Speisen, die rohes Ei enthalten, sind klassische Quellen einer Salmonelleninfektion.

Daneben spielen auch andere tierische Lebensmittel, beispielsweise rohe Schweinefleischprodukte wie Hackepeter oder Rohwürste, eine Rolle bei der Übertragung von Salmonellen.

Vermindern lässt sich das Infektionsrisiko, indem bei der Speisenzubereitung nur sehr frische Eier mit sauberer und intakter Schale verwendet werden. Beim Aufschlagen von Eiern darf verspritztes Eiweiß oder Eigelb nicht auf andere Nahrungsmittel gelangen. Zudem ist geboten, Lebensmittel mit rohen Eiern – beispielsweise Mayonnaise, Tiramisu oder Buttercreme – rasch zu konsumieren und bis zum Verzehr kontinuierlich zu kühlen. Risikopersonen mit bestimmten Vorerkrankungen sollten Produkte mit rohem Ei sowie rohe Fleischwaren generell meiden. Nicht minder bedeutend als das Risiko einer Salmonelleninfektion ist indes die Gefahr

durch eine andere Mikrobe: das Bakterium *Campylobacter*. Der Durchfallkeim kommt bei zahlreichen Wild- und Haustieren vor – bei Geflügelfleisch ist er der häufigste Erreger von Lebensmittelinfektionen überhaupt. Mittlerweile werden hierzulande jährlich mehr als 60 000 *Campylobacter*-Erkrankungen gemeldet.

Zu den wichtigsten Präventionsmaßnahmen zählt, Geflügelfleisch stets durchzugaren, da die Keime dabei absterben. Rohes Geflügel ist getrennt von anderen Lebensmitteln aufzubewahren, nach der Zubereitung sollten zudem die Hände gründlich gewaschen und Messer, Schneidebretter sowie Arbeitsflächen mit heißem Wasser und Spülmittel gereinigt werden. Auf diese Weise lässt sich die Übertragung der Keime auf andere Lebensmittel, eine so genannte Kreuzkontamination, in der Küche vermeiden.



Richtig putzen

Das sorgfältige Säubern von Gegenständen und Oberflächen beugt der Verbreitung von Krankheitskeimen vor. Insbesondere in Küche und Bad, die gemeinsam benutzt werden und durch feuchte Milieus vielen Mikroben gute Wachstumsbedingungen bieten, kann die Reinigung das Infektionsrisiko senken. Auch Schubladengriffe oder Türklinken sind typische Kontaktpunkte, über die sich Bakterien und Viren innerhalb einer Familie übertragen.

Wichtig zur Minimierung der Keimverschleppung ist, beispielsweise für das Reinigen von Küchenarbeitsflächen und das Wischen der Böden unterschiedliche Putzlappen zu verwenden. Generell sollten Lappen und Handtücher nach dem Gebrauch zum Trocknen ausgebreitet, regelmäßig gewechselt und bei mindestens 60 Grad gewaschen werden.

Desinfektionsmittel indes sind im Privathaushalt nicht zu empfehlen – der Gebrauch von heißem Wasser und Reinigungsmitteln reicht in aller Regel aus. Einzelne Gegenstände, etwa Babyflaschen, lassen sich durch Erhitzen im Wasser praktisch keimfrei machen: Ein zweiminütiges Wasserbad bei 82 Grad Celsius tötet Krankheitserreger ab.

Der Wert von Wasser und Seife

Eine der wirksamsten – und einfachsten – Maßnahmen zur Verhütung von Infektionen ist das regelmäßige Waschen der Hände mit Wasser und Seife. Verschiedenen Studien zufolge könnten sich rund ein Viertel der Durchfallerkrankungen sowie jeder sechste Atemwegsinfekt durch häufiges Händewaschen im Alltag vermeiden lassen. Spezielle Desinfektionslösungen oder antibakterielle Seifen sind dazu nicht nötig.

Der Grund für den hohen Effekt der Händehygiene liegt darin, dass viele Bakterien und Viren über direkten Händekontakt oder das Anfassen kontaminierter Gegenstände übertragen werden. Da man mit den Händen häufig Mund, Augen und Nase berührt, können die Erreger dann leicht in die Schleimhäute der Verdauungs- und Atemwege eindringen. Besonders konsequent sollten die Hände etwa nach dem Besuch der Toilette, nach dem Niesen oder Naseputzen, vor dem Zubereiten von Speisen sowie vor dem Essen gereinigt und getrocknet werden. Bei Atemwegsinfektionen wie beispielsweise der Grippe lässt sich zudem die Erregerverbreitung vermindern, wenn man statt in die Hände in den Ärmel hustet, allzu engen Körperkontakt mit anderen vermeidet und in geschlossenen Räumen regelmäßig lüftet. □

Wissen Sie's?

1

Salmonellen vermehren sich ab einer Minimaltemperatur von:

- A) 6–8 °C
- B) 12–14 °C
- C) 18–20 °C

A. Bereits bei höheren Kühlschranktemperaturen beginnen Salmonellen in bestimmten Fällen zu wachsen. Die Kühlung im Kühlschrank verringert das Risiko einer Salmonelleninfektion, schließt sie aber nicht völlig aus. Auch Einfrieren tötet die Keime nicht ab – aufgetaute Produkte können daher ebenfalls zur Infektion führen.

B. Wichtige Erreger von Lebensmittelinfektionen, bspw. das Bakterium *Campylobacter*, sterben bei dieser Temperatur ab. Ein seit langem genutztes Erhitungsverfahren zur Abtötung von Lebensmittelkeimen ist das Pasterisieren der Milch. Sie wird dabei für 15–30 Sek. auf 72–75 °C erwärmt.

2

Um bei einem im Ofen gebackenen Hähnchen evtl. vorhandene Krankheitserreger sicher abzutöten, muss folgende Fleischtemperatur (Bratthermometer) erreicht werden:

- A) 55 °C
- B) 75 °C
- C) 95 °C

3

Durchfallerreger vom Typ *Campylobacter* finden sich sehr häufig bei Masthähnchen, und zwar bei einem Anteil der geschlachteten Tiere von:

- A) 10–15 %
- B) 30–40 %
- C) 60–75 %

C. Nach einer im Jahr 2008 durchgeführten EU-weiten Untersuchung sind *Campylobacter*-Bakterien bei rund 75 % der geschlachteten Hähnchen nachweisbar. In Deutschland lag die Quote bei gut 60 %. Aus den Schlachtereien gelangt der Erreger in die Lebensmittelkette und zum Verbraucher.

4

Ein unsauberer und feuchter Haushaltslappen kann pro cm² die folgende Anzahl an Keimen enthalten:

- A) 100
- B) 100 000
- C) 100 000 000

C. Insbesondere in feuchten Fußtapfen und -schwämmen vermehren sich Bakterien bei Raumtemperatur rasch. Unsaubere Lappen tragen eher zur Keimverschleppung als zur Reinigung bei. Generell sollten Lappen und Handtücher nach dem Gebrauch zum Trocknen ausgebreitet, regelmäßig gewechselt und bei mindestens 60 °C gewaschen werden.

5

Eine gründliche Säuberung von Oberflächen mit heißem Wasser und Reinigungsmitteln reduziert die Zahl der Oberflächenkeime um:

- A) 90 %
- B) 50 %
- C) 10 %

A. Durch eine sorgfältige Reinigung werden Schmutzpartikel und Oberflächenkeime weitgehend entfernt. Das beugt der Verbreitung von Krankheitserregern vor.

6

Beim Händewaschen sollte man die Hände stets sorgfältig einseifen, und zwar für:

- A) 5–10 Sekunden
- B) 20–30 Sekunden
- C) eine Minute

B. Das Einseifen unter fließendem Wasser sollte 20–30 Sekunden in Anspruch nehmen. Wichtig ist, die Seite auch zwischen den Fingern, am Handrücken und Daumen gut zu verreiben, anschließend gründlich abzuspülen und die Hände abzutrocknen.

Die Premiere der Ausstellung in Berlin

Eine Dokumentation

Erstmals gezeigt wurde die Wanderausstellung „MenschMikrobe“ vom 2. Juni bis 6. Juli 2010 im Thaersaal der Humboldt-Universität zu Berlin. Der nach Albrecht Thaer, dem Mitbegründer der modernen Agrarwissenschaft, benannte Lichthof stammt aus dem 19. Jahrhundert, der Zeit Robert Kochs – und bot einen historischen Rahmen für das schwebend anmutende Ensemble der Ausstellungsstationen. Die Thementafeln aus Glas sind jeweils ergänzt durch interaktive Exponate sowie Audio-Stelen zur sozialen und kulturellen Bedeutung der Seuchen.

Panoramafoto: Christian Laukemper





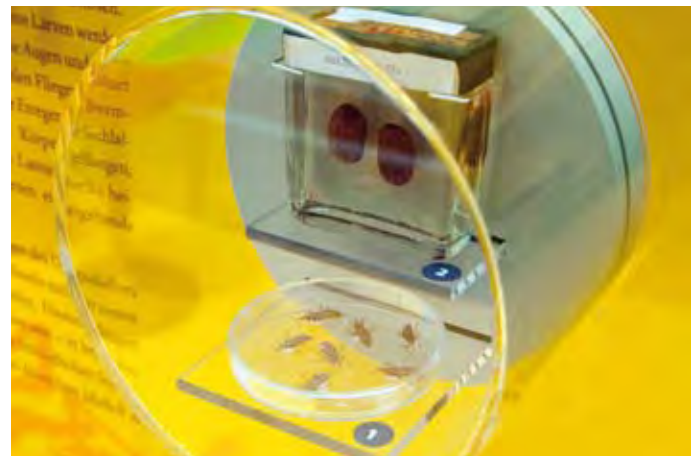


Eröffnung von „MenschMikrobe“ am 2. Juni 2010: Der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Matthias Kleiner (linkes Bild), begrüßt die Ausstellungsgäste. Beim anschließenden Rundgang: Gelegenheiten zum Reden, Betrachten, Entdecken.

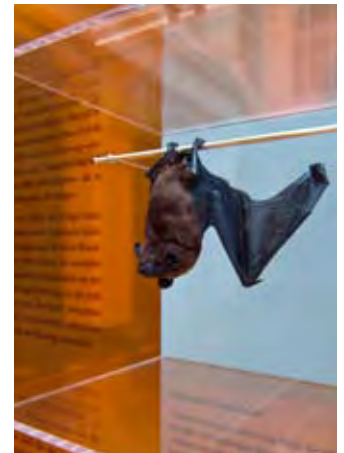
Fotos: Christian Laukemper (6), Ansgar Meemken (1)











Erlebnis für Jung und Alt: Bereits nach einer Woche begrüßte „MenschMikrobe“ den zweitausendsten Besucher. Auf reges Interesse stieß die Ausstellung bei der Langen Nacht der Wissenschaften Anfang Juni 2010, in der Folge besuchten über hundert Schulklassen die Schau in Berlin. Von hier wanderte „MenschMikrobe“ weiter zu den nächsten Ausstellungsorten: Bonn und Würzburg.

Fotos: Christian Laukemper (5), Ansgar Meemken (4)

Die Seuchen der Welt

Kansas, 1918

Der Landarzt Loring Miner registriert die vermutlich ersten Fälle der Spanischen Grippe. Die Seuche, der weltweit mehr als 25 Millionen Menschen anheimfallen sollen, verbreitet sich zunächst durch Truppenbewegungen des US-Militärs. In Spanien erregt die Grippe-Pandemie erstmals öffentliches Aufsehen – daher ihr Name. Zu ihren Opfern zählen in Europa Sigmund Freuds zweite Tochter Sophie, der Maler Egon Schiele und der Soziologe Max Weber.

Tenochtitlán, 1520

In der Hauptstadt Montezumas greifen die von den spanischen Eroberern importierten Pocken um sich und brechen den Widerstand der Azteken. Rund die Hälfte der mexikanischen Bevölkerung, die über keinerlei Immunität gegen das für sie neue Virus verfügt, fällt der Krankheit zum Opfer. Auch ins Reich der Inka gelangt die Seuche – und ebnet den Weg für die Konquistadoren.

Mexiko, 2009

Ein neuartiges Grippevirus springt von Schweinen auf den Menschen über und verursacht eine weltweite Erkrankungswelle. International werden Maßnahmen zur Überwachung des Erregers ergriffen, breit angelegte Impfkampagnen gestartet. Die anfangs unklare Tragweite und das Management der Pandemie finden enormen Widerhall in den Medien.

Panama, 1889

Der Versuch, einen Kanal durch den panamaischen Dschungel zu bauen, endet im Desaster – nicht zuletzt deshalb, weil über 20 000 Arbeiter ihr Leben durch Gelbfieber und Malaria verlieren. Erst intensive Abwehrmaßnahmen gegen die Überträgermücken ermöglichen nach einer langen zweiten Bauphase die Fertigstellung der Wasserstraße im Jahr 1914.

Brasilien, 2008

Eine Denguefieber-Epidemie mit 120 000 Infizierten erfordert das Eingreifen von Feuerwehr und Militär. Insektizide werden gegen die Überträgermücken der Dengue-Viren verspritzt. Die Viren zählen zu den bedeutendsten tropischen Erregern, vor allem in urbanen Ballungsräumen. Weltweit erkranken 50 Millionen Menschen pro Jahr, 500 000 von ihnen schwer.

Los Angeles, 1981

Der kalifornische Immunologe Michael Gottlieb berichtet im Bulletin der US-Seuchenschutzbehörde über fünf junge homosexuelle Männer mit einem Pilzbefall der Lunge. Das seltene Leiden ist nur von abwehrgeschwächten Patienten bekannt. Entsprechend schnell sorgt der Report für Aufsehen – er ist die erste Beschreibung von AIDS in der medizinischen Literatur.

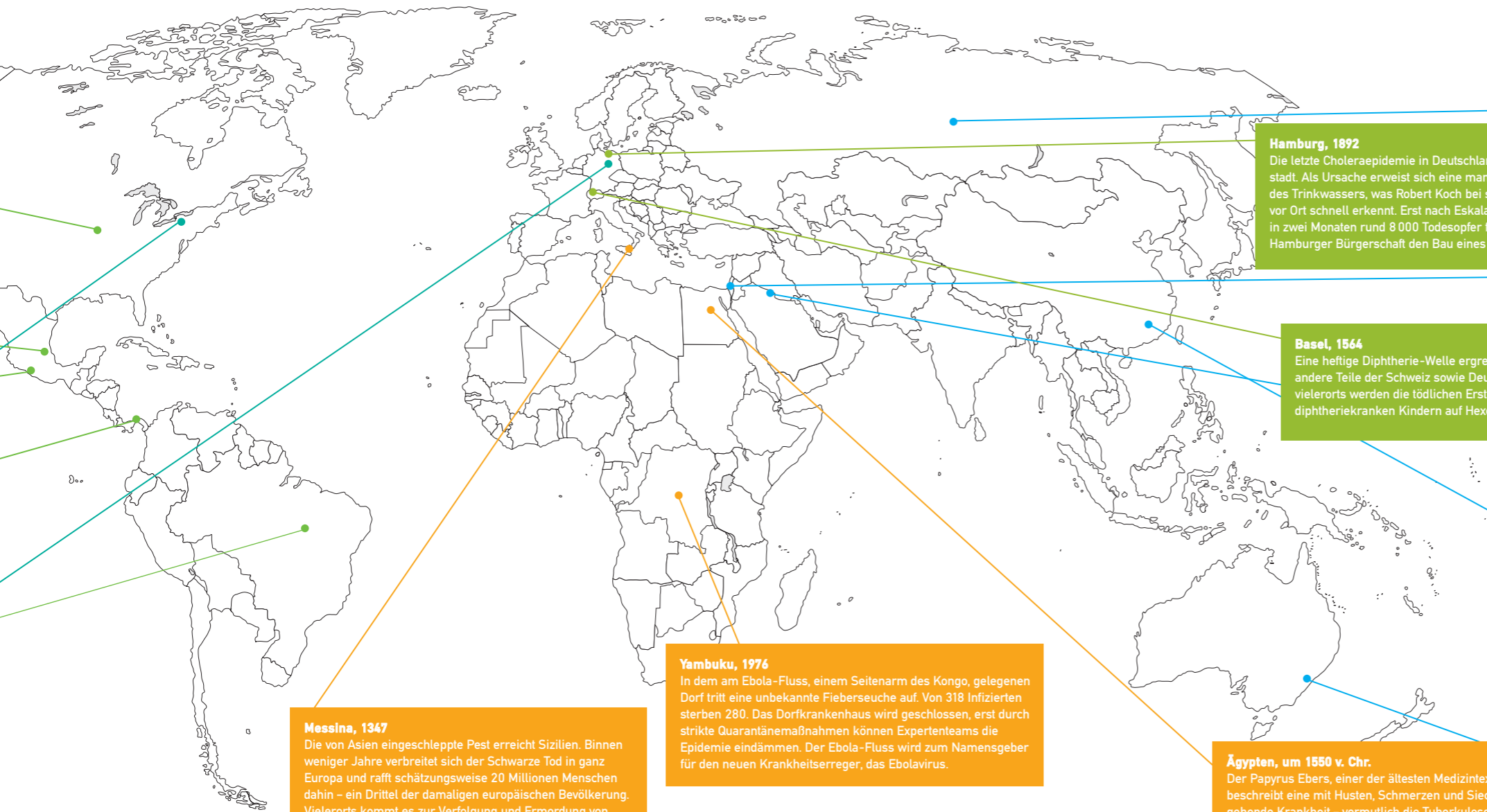
New York, 2001

Kurz nach den Terroranschlägen vom 11. September tauchen in New York, später auch in Washington und Virginia mysteriöse Briefe mit Milzbrandbakterien auf. Zwei der mit einem erregerehaltigen Pulver gefüllten Briefe sind an die US-Senatoren Tom Daschle und Patrick Leahy gerichtet. Fünf Menschen sterben – weltweit steigt die Angst vor Bioterror.

Berlin, 1882

Robert Koch entdeckt den Tuberkelbazillus – den Erreger der Tuberkulose. Damit ist die Ursache für eine der häufigsten Seuchen dieser Zeit bekannt. Die Entdeckung sorgt umgehend für internationales Aufsehen und verhilft der medizinischen Bakteriologie zum Durchbruch.





Messina, 1347
Die von Asien eingeschleppte Pest erreicht Sizilien. Binnen weniger Jahre verbreitet sich der Schwarze Tod in ganz Europa und raft schätzungsweise 20 Millionen Menschen dahin – ein Drittel der damaligen europäischen Bevölkerung. Vielerorts kommt es zur Verfolgung und Ermordung von Juden und einem Zusammenbruch der sozialen Ordnung. Die Pest wird zum Dauerthema in Kunst und Literatur.

Yambuku, 1976
In dem am Ebola-Fluss, einem Seitenarm des Kongo, gelegenen Dorf tritt eine unbekannte Fieberseuche auf. Von 318 Infizierten sterben 280. Das Dorfkrankenhaus wird geschlossen, erst durch strikte Quarantänemaßnahmen können Expertenteams die Epidemie eindämmen. Der Ebola-Fluss wird zum Namensgeber für den neuen Krankheitserreger, das Ebolavirus.

Ägypten, um 1550 v. Chr.
Der Papyrus Ebers, einer der ältesten Medizintexte überhaupt, beschreibt eine mit Husten, Schmerzen und Siechtum einhergehende Krankheit – vermutlich die Tuberkulose. Gegen die Infektion werden Rezepte mit Honig, Myrrhe und aromatischen Harzen empfohlen.

Hamburg, 1892
Die letzte Choleraepidemie in Deutschland befällt die Hansestadt. Als Ursache erweist sich eine mangelnde Aufbereitung des Trinkwassers, was Robert Koch bei seinen Untersuchungen vor Ort schnell erkennt. Erst nach Eskalation der Epidemie, die in zwei Monaten rund 8 000 Todesopfer fordert, beschließt die Hamburger Bürgerschaft den Bau eines neuen Wasserwerks.

Basel, 1564
Eine heftige Diphtherie-Welle ergreift die Stadt. Auch andere Teile der Schweiz sowie Deutschlands sind betroffen; vielerorts werden die tödlichen Erstickungsanfälle bei diphtheriekranken Kindern auf Hexerei zurückgeführt.

Russland, 1918
Begünstigt durch Missernten und Hunger wütet in den Jahren nach der Oktoberrevolution und dem Ersten Weltkrieg eine dramatische Fleckfieber-Epidemie. Bis 1922 erkrankten schätzungsweise 30 Mio. Menschen an der durch Kleiderläuse übertragenen Infektion. Lenin verleiht dem Kampf gegen die Seuche Priorität beim Aufbau des sozialistischen Staats.

Jerusalem, um 750 v. Chr.
Der jüdische König Asarja wird vom Aussatz befallen und bis zu seinem Lebensende vor die Stadtmauern verbannt. Als Aussatz gelten damals verschiedene mit Ausschlägen einhergehende Krankheiten, darunter vermutlich die Lepra. Die chronische Bakterieninfektion führt zu Flecken und Knoten auf der Haut – zwei Jahrtausende ist dies ein Zeichen der Unreinheit und göttlichen Strafe.

Babylon, 323 v. Chr.
Alexander der Große erliegt nach der Eroberung Mesopotamiens, auf dem Höhepunkt seiner Macht, mit 33 Jahren einer plötzlichen Fiebererkrankung – möglicherweise der Malaria. Der unerwartete Tod des mazedonischen Eroberers ist ein historischer Wendepunkt: In mehreren Kriegen, die Alexanders Feldherren um seine Nachfolge führen, zerfällt sein riesiges Reich.

Guangdong, 2002
In der chinesischen Provinz tritt ein zuvor unbekanntes gravierendes Lungenleiden auf. Als Erreger dieses „Schweren Akuten Respiratorischen Syndroms“ – kurz SARS – wird ein neuartiges Virus identifiziert, das sich in der Folge vor allem in Südostasien, aber auch in Kanada und anderen Ländern verbreitet und rund 8 000 Menschen infiziert. Weltweit schürt die Seuche Ängste. In Asien bricht die Tourismus-Industrie ein; Hongkong und Singapur rutschen in eine Rezession.

Sydney, 1789
In der Region um die von den Briten gegründete Kolonie flammt eine heftige Pockenepidemie auf. Betroffen sind fast ausschließlich die einheimischen Aborigines. Sie besitzen gegen das aus Europa eingeschleppte Virus noch keine Immunität – etwa die Hälfte von ihnen stirbt.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Deutsche Forschungsgemeinschaft
Kennedyallee 40
53175 Bonn
www.dfg.de

Robert Koch-Institut

Nordufer 20
13353 Berlin
www.rki.de

PROJEKT BETREUUNG

K-Projects GbR, Berlin

REDAKTION UND TEXT

Dr. Martin Lindner

GESTALTUNG UND SATZ

Frances Franzke

UMSCHLAGGESTALTUNG

Iris Döring

TITELMOTIV

K-Projects/Anna Tanczos, Wellcome Images

ILLUSTRATIONEN

Farid Rivas Michel, Spielbureau (S. 16, 22, 32, 33, 38, 44, 54)
Frances Franzke (S. 10, 28, 48, 49, 50, 58)
Iris Döring (S. 19, 26, 41)

LEKTORAT

Andrea Mayer

DRUCK

Agit Druck, Berlin

AUFLAGE

10 000

Alle Rechte vorbehalten

