

MenschMikrobe Das Erbe Robert Kochs und die moderne Infektionsforschung

**Pressekonferenz und Ausstellungsrundgang
am Donnerstag, dem 11. April 2013, um 10.30 Uhr**

mit

Univ. Prof. Dr. Christian Köberl (Generaldirektor des NHM Wien)

Dr. Martin Lindner (Kurator der Ausstellung „MenschMikrobe“)

Univ. Prof. Dr. Christoph Kratky (Präsident des Wissenschaftsfonds FWF)

Es ist 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. 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, AIDS oder SARS den Menschen bedroht.

Was sind Mikroben? Wie entstehen Infektionen? Wie lassen sich Seuchen kontrollieren? Ein Einblick in die rasante Entwicklung der Infektionsforschung seit Robert Koch, dem Mitbegründer der modernen Bakteriologie, und ihre unverändert hohe Bedeutung im 21. Jahrhundert wird in Saal 50 des Naturhistorischen Museums gegeben. „MenschMikrobe“ lädt ein, in das Bild vom Wechselspiel zwischen dem menschlichen Körper und den Mikroorganismen einzutauchen – in einer Ausstellung zum Sehen, Hören, Mitmachen und Staunen.

Die Ausstellungswände aus Glas werden durch interaktive Exponate ergänzt, darunter eine virtuelle Pandemie-Simulation, ein Krankenhaus-Modell zum Erforschen von Infektionsquellen sowie ein überdimensioniertes Stoffbakterium, das die Wirkungsweise von Antibiotika verständlich macht.

„MenschMikrobe“ ist eine Ausstellung der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Robert Koch-Instituts in Kooperation mit dem NHM Wien und dem FWF Wissenschaftsfonds.

Pressematerial zum Download finden Sie unter folgenden Links:

<http://www.nhm-wien.ac.at/presse>

<http://www.menschmikrobe.at/presse.html>

Rückfragehinweis:

Mag. Irina Kubadinow

Leitung Kommunikation & Medien,

Pressesprecherin

Tel.: ++ 43 (1) 521 77 DW 410

Mobil: 0664 415 28 55

irina.kubadinow@nhm-wien.ac.at

Mag. Verena Randolf

Kommunikation & Medien

Pressereferentin

Tel.: ++ 43 (1) 521 77 DW 411

Mobil: 0664 6216140

verena.randolf@nhm-wien.ac.at

Zur Ausstellung

Ins Leben gerufen wurde die Wanderausstellung „MenschMikrobe“ im Jahr 2010, anlässlich des hundertsten Todestages von Robert Koch, dem Mitbegründer der modernen Bakteriologie. Durch die Entdeckung des Tuberkulosebazillus gelangte Koch zu Weltruhm. 1905 erhielt er den Nobelpreis für Medizin.

Was sind Mikroben? Wie entstehen Infektionen? Wie lassen sich Seuchen kontrollieren?

Viele Antworten, die zu Kochs Zeiten darauf gefunden wurden, sind heute immer noch gültig. Vieles andere, was man inzwischen über Infektionserreger und ihre faszinierenden Strategien weiß, ist überraschend und neu. „MenschMikrobe“ greift diese Perspektive auf und spannt einen Bogen von der Entdeckung der Mikroben durch Robert Koch und seine Zeitgenossen zu den Herausforderungen der heutigen Infektionsmedizin. Die Ausstellung gibt Einblick in das heutige Wissen über Bakterien, Viren und Parasiten – und verdeutlicht zugleich die historische und soziale Dimension der Seuchen.

Ein Rundgang zum Sehen, Hören und Mitmachen

In zehn Themenstationen beantwortet „MenschMikrobe“ grundlegende Fragen – etwa nach der Natur der Mikroorganismen und der Funktion der Körperflora, nach den ökologischen und sozialen Entstehungsbedingungen von Seuchen, der Bedeutung und den Grenzen der Antibiotikatherapie und den Möglichkeiten der Krankheitsverhütung. Dabei ist „MenschMikrobe“ einer modernen und abwechslungsreichen Ausstellungsdidaktik verpflichtet: Die Ausstellungswände aus Glas werden durch interaktive Exponate ergänzt, darunter eine virtuelle Pandemie-Simulation, ein Krankenhaus-Modell zum Explorieren von Infektionsquellen sowie ein überdimensioniertes Stoffbakterium, das die Wirkungsweise von Antibiotika verständlich macht. Aufwändig produzierte Audio-Features erzählen von den sozialen und kulturellen Auswirkungen historischer Seuchenereignisse wie der Pest im Mittelalter oder der Cholera-Epidemie 1892 in Hamburg. Durch spezielle Kindertexte und eine eigene Kinderstation werden grundlegende Zusammenhänge für junge Besucher ab dem Grundschulalter aufbereitet.

Als ebenso fundierte wie allgemeinverständliche Schau richtet sich „MenschMikrobe“ an ein breites Laienpublikum und beantwortet mit zehn Themenstationen grundlegende Fragen – etwa nach der Natur der Mikroorganismen und der Funktion der Körperflora, nach den ökologischen und sozialen Entstehungsbedingungen von Epidemien, der Bedeutung und den Grenzen der Antibiotikatherapie und den Möglichkeiten der Krankheitsverhütung.

Besucherefolg

Eine in Berlin und Hamburg durchgeführte Besucherstudie belegt die große inhaltliche und ästhetische Strahlkraft von „MenschMikrobe“. 80 Prozent der befragten Besucher bewerteten die Ausstellung inhaltlich als „bereichernd“ und gestalterisch als „modern und lebendig“. Unter den Lehrern, die mit ihrer Schulklasse an einer Ausstellungsführung teilgenommen hatten, bezeichneten gut 95 Prozent das inhaltlich-didaktische Gesamtkonzept der Ausstellung als „hervorragend“ oder „gut“ (komplette Studie zum Download unter www.menschmikrobe.at).

An den bisherigen 11 Standorten in Deutschland zog „MenschMikrobe“ rund 85.000 Personen quer durch alle Altersgruppen an. Auf großen Zuspruch stößt das didaktische Schülerprogramm (siehe www.menschmikrobe.at/schulen.html). Gut 1.100 Klassen besuchten bisher die Ausstellung.

Hintergrundinformation

**Auszüge aus dem ausstellungsbegleitenden Katalog
(zum Download unter www.menschmikrobe.at)**

Robert Koch und seine Zeit – 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 grassiert. 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 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 dürtig 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 erregerhaltigem 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 internationalen 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 Bakterienerkrankungen 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 Urtierchen und besitzt anders als die archaischen Bakterien bereits einen Zellkern. Kurz vor der Jahrhundertwende 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.

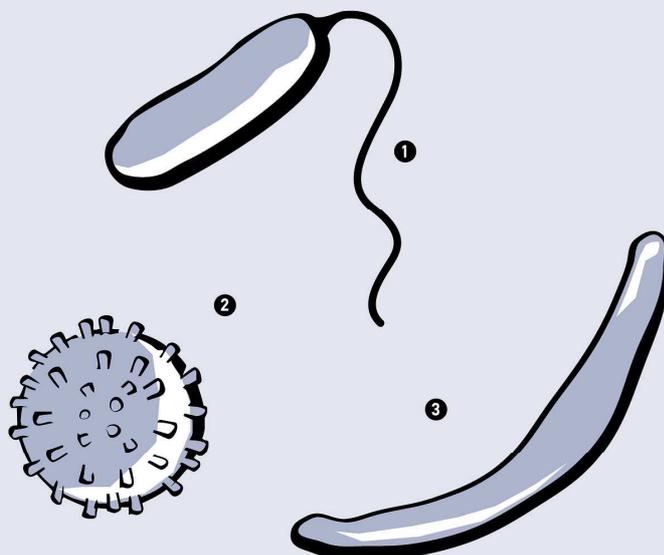
Grafische Darstellung: Wichtige Erregertypen

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 1 000 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.



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.

Der Mensch und seine Mikroben

Der menschliche Körper beherbergt schätzungsweise hundert Billionen 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.

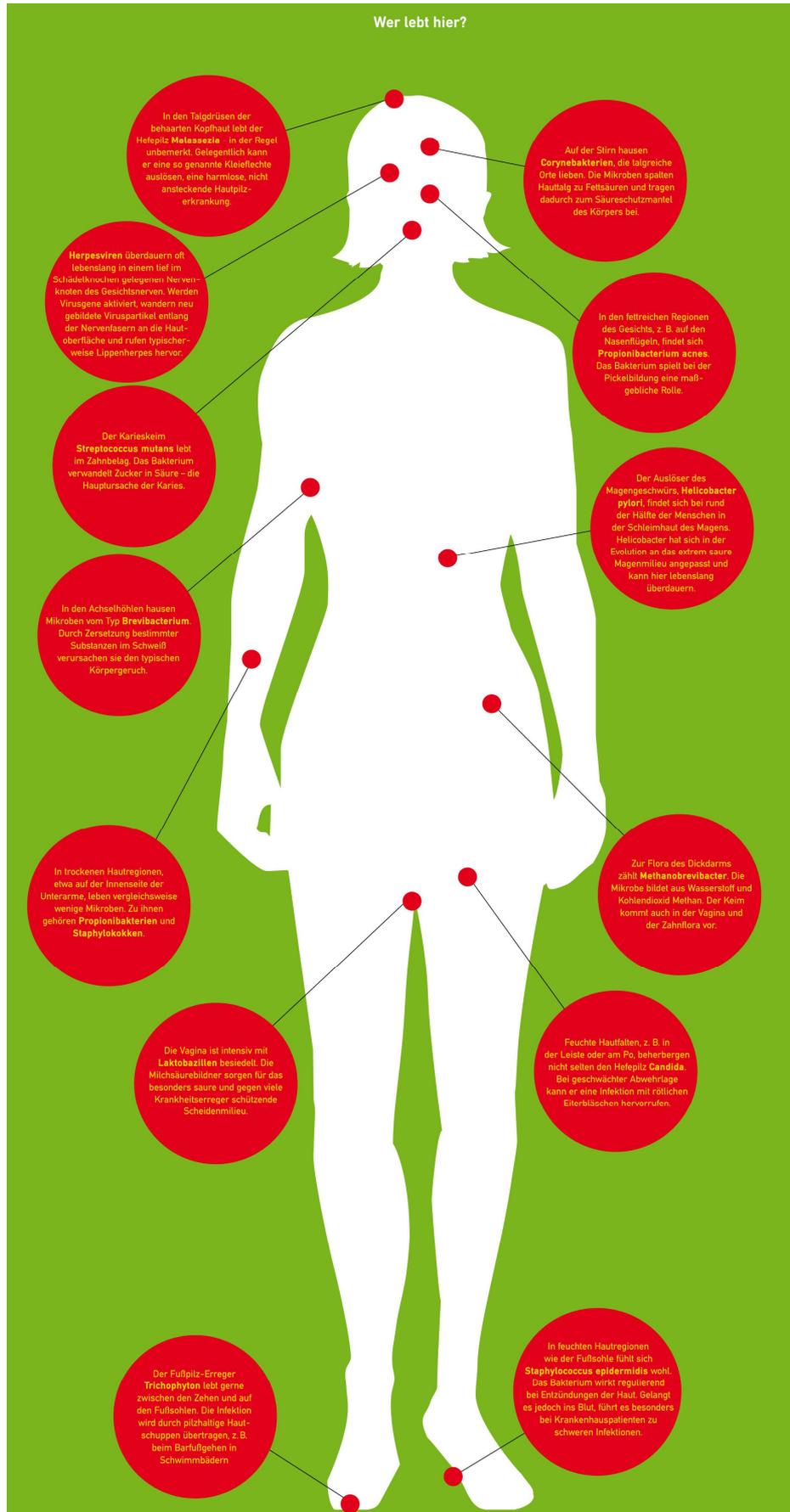
Vielvölkerstaat Mensch

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 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 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. 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 Stoffwechsellleistung 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.

Grafische Darstellung: Wer lebt hier?



Wechselspiele: Mikroben und Immunsystem

Mikroben sind beides: Partner und Gegenspieler des Abwehrsystems. Einerseits ist eine stabile Körperflore 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 Mikroben 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 im Laufe der Evolution 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 Zellplasmabrücken untereinander weitergeben. Auch bestimmte Viren, die Bakterien als Wirtszellen nutzen (Bakteriophagen), verschleppen genetische Elemente von einer Mikrob zur nächsten. Das Genom der Kolibakterien 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 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.

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 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 hervorstechenden Merkmale – und der Grund, dass für jede Grippesaison 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 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 10.000 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.

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.

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 ungebetenen 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 Magenwand 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 Schleimhautzelle an, manipulieren deren Stoffwechsel 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 schmerzhaftes 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 Doppelinfektionen 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 ihr Wirksamkeit durch Entstehung resistenter 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 Medizinnobelpreis vergeben. Inzwischen ist eine Impfung gegen die wichtigsten krebserregenden 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.

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 Methicillinresistenten 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 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 Einsatzmöglichkeiten 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 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.

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 systematisch Impfungen auch andere Erreger eliminieren. 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 kann demzufolge ausgerottet werden. Nord- und Südamerika gelten bereits als masernfrei. Hierzulande gibt es weiterhin Masernausbrüche, 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 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 Hochrisiko- Ländern gegen Masern geimpft. Im selben Zeitraum sank die weltweite Zahl der Masern Todesfälle 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 Wundstarrkrampf hervor. Vergleichbares gilt für Diphtherie, die ebenfalls durch ein Bakteriengift ausgelöst wird. Die Erkrankung, die bis hin zu Erstickungsanfällen 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-BVakzine 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 Vakzinierung 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 Impfnadel 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 Impf-Reis, 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 Antikörper durch das Immunsystem aus.

Infektionsforschung in Zahlen (Autor: Martin Lindner)

In den verschiedenen Ökosystemen der Erde leben möglicherweise Millionen unterschiedlicher Bakterienspezies. Nur rund 5.000 von ihnen sind bekannt. Etwa 200 davon machen krank.

Im menschlichen Körper leben schätzungsweise hundert Billionen Mikroben. Das sind zehn Mal so viele, wie der Organismus Zellen besitzt.

Der Dickdarm ist einer der am dichtesten besiedelten bakteriellen Lebensräume überhaupt. Auf ein Gramm Darminhalt kommen etwa zehn Milliarden Bakterien.

Das Genom von *Escherichia coli*, einem normalen Darmbewohner, umfasst rund 5.000 Gene. Das Genom des Menschen circa 25.000.

Zusammen besitzen die Darmbakterien 150-mal so viele verschiedene Gene wie der Mensch.

Unter Optimalbedingungen im Labor kann sich *E. coli* alle 20 Minuten teilen. In der Natur braucht es dafür im Schnitt einen Tag.

Viele Bakterien besitzen Geißeln, mit denen sie sich fortbewegen. Die Geißeln arbeiten wie Schiffsschrauben und erreichen mehrere tausend Umdrehungen pro Minute.

Die Schnellschwimmer unter den begeißelten Bakterien legen in einer Sekunde das 20-Fache ihrer Körperlänge zurück.

Zehn Prozent der täglich vom Körper aufgenommenen Kalorien stammen aus Stoffwechselprodukten der Darmflora.

Das Pestbakterium *Yersinia pestis* zählt zu den Mikroorganismen mit dem höchsten Infektionspotenzial überhaupt. Die Übertragung von zehn Bakterien führt bereits zur Erkrankung.

Ein Grippevirus repliziert sich in der Wirtszelle bis zu 100.000 Mal. Der Malaria- Erreger kann sich in der Leber 20.000-fach vermehren.

Bei einer Erkrankung an Cholera verliert der Körper bis zu 20 Liter Wasser pro Tag.

Etwa zwei Millionen Menschen pro Jahr sterben weltweit an Durchfallerkrankungen, vor allem Kinder unter fünf Jahren.

Weltweit infizieren sich mehr als 300 Millionen Menschen jährlich mit Denguefieber.

Die Hälfte aller HIV-Infizierten auf der Welt sind Frauen.

In deutschen Kliniken ziehen sich jährlich 400.000 bis 600.000 Patienten eine Infektionskrankheit zu.

Rund ein Drittel aller Krankenhausinfektionen lässt sich durch eine gute Händehygiene des Behandlungspersonals vermeiden.

Vermittlungsprogramm

MenschMikrobe

Interaktive Führung durch die Ausstellung, 1 Stunde ab der 5. Schulstufe

Mikroworkshop für die 5.-8. Schulstufe, 3 Stunden

Mikrotheatervorführung

Mit Hilfe hochwertiger Mikroskope und Videokameras präsentieren wir in Großprojektion live auf der Kinoleinwand ein abwechslungsreiches Programm von Bakterien bis zu Libellenlarven.

Workshop

- Modul Mikroskopieren

Die SchülerInnen lernen Aufbau und Funktionen eines Mikroskops kennen und können selbstständig Dauerpräparate untersuchen. Winzige Lebewesen werden mit Pipette aus einer Wasserprobe auf den Objektträger gebracht und im Mikroskop beobachtet.

Pro Schulklasse kann zusätzlich eines der folgenden Module ausgewählt werden:

- Modul Käferkopf riesengroß

Das Modell eines Käferkopfes wird zerlegt und besprochen. Die Schüler und Schülerinnen bauen ein Papier-Modell eines Laufkäferkopfes mit Mundwerkzeugen und Fühlern.

- Modul MenschMikrobe

Nach einer Kurzführung durch die Ausstellung arbeiten die SchülerInnen in Kleingruppen zu den Themen der Ausstellung.

Mikroworkshop ab der 9. Schulstufe, 3 Stunden

Mikrotheatervorführung

Mit Hilfe hochwertiger Mikroskope und Videokameras präsentieren wir in Großprojektion live auf der Kinoleinwand ein abwechslungsreiches Programm rund um das Thema Zelle.

Workshop

Nach der Mikrotheatervorführung wird die Klasse in zwei Gruppen geteilt, die SchülerInnen besuchen abwechselnd folgende Module.

- Modul Mikroskopieren

Die SchülerInnen lernen Aufbau und Funktionen eines Mikroskops kennen und fertigen selbst Lebendpräparate an (Zwiebelhäutchen, Kartoffel, Karotte, Mundschleimhaut).

- Modul Mensch und Mikrobe

Nach einer Kurzführung durch die Ausstellung arbeiten die SchülerInnen in Kleingruppen zu den Themen der Ausstellung.

LehrerInnenführung

Freitag, 19. April, 15:30, um Anmeldung wird gebeten

Öffentliches Programm

Die Zelle: Grundbaustein allen Lebens

Mikrotheater zur Ausstellung MenschMikrobe

Samstag, 18., bis Montag, 20. Mai, 13.30, 14.30 und 16.30

Samstag, 8., und Sonntag, 9. Juni, 13.30, 14.30 und 16.30

NHM Thema

Viren, Bakterien und Einzeller

Spezialführung durch die Ausstellung MenschMikrobe

Sonntag, 19. Mai 2013, 15.30

NHM Thema

Blut, Kot und Urin

Spezialführung durch die Ausstellung MenschMikrobe

Sonntag, 9. Juni 2013, 15.30

NHM Thema

Kleine Helferlein des Menschen

Spezialführung durch die Ausstellung MenschMikrobe

Sonntag, 7. Juli 2013, 15.30

Information zur Ausstellung

Alle Infos zu den Inhalten der Ausstellung sowie Hinweise zur Buchung von Führungen und zum Ausstellungsort erhalten Sie auf www.menschmikrobe.at. Unter dem Menüpunkt „Schulen“ finden Sie auch Materialien für Ihren Unterricht im Zusammenhang mit einem Ausstellungsbesuch.

Information und Anmeldung für Gruppen

Teilnehmerzahl max. 29 SchülerInnen

Kosten Eintritt: bis 19 Jahren frei, zwei Begleitpersonen frei

Führung: 2,50 Euro pro SchülerIn, mindestens 37,50 Euro

Workshop, 3 Stunden: 6,50 Euro pro SchülerIn, mindestens 97,50 Euro

Anmeldung Museumspädagogik, Naturhistorisches Museum Wien

01/52177/335 (Mo 14 bis 17 Uhr, Mi bis Fr 9 bis 12 Uhr)

anmeldung@nhm-wien.ac.at

Für Veranstaltungen im Rahmen des Öffentlichen Programms ist keine Anmeldung erforderlich.

Pressebilder Übersicht (1/5)



Robert Koch bei seiner Schlafkrankheits-Expedition am Victoriasee 1906/07, hier zusammen mit seinem Assistenten Friedrich Karl Kleine. Die Forscher sezieren ein Krokodil und entnehmen eine Blutprobe. Koch vermutete, dass Krokodile 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.

© Robert Koch-Institut



Robert Koch kurz nach seiner Entdeckung des Tuberkulosebakteriums, 1883

(
© Robert Koch-Institut



Robert Koch 1896 in einem Labor in Kimberley, Südafrika

© Robert Koch-Museum

Pressebilder Übersicht (2/5)



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
 Installation "Wer lebt hier?"

Der Mensch und seine Mikroben: Anhand dieser Frauenfigur kann der Besucher die Körperflora und ihre Funktionen erkunden. Die Text-Aufkleber werden durch eine Farbfilterlupe hindurch lesbar – auf diese Weise erfährt man beispielsweise, wo Herpesviren im Organismus hausen und welche Aufgabe die Laktobazillen in der Vagina besitzen.

© Foto: NHM, Kurt Kracher



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
 Installation "Wer lebt hier?"

© Foto: Ansgar Meemken



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
 Installation "Hygiene in der Klinik"

Hygiene in der Klinik: Anhand eines Playmobil-Krankenhauses können Besucher potenzielle Infektionsquellen im Krankenhaus explorieren und sich über präventive Hygiene-Maßnahmen kundig machen.

© Foto: Christian Laukemper



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
 Installation "Bedrohung aus dem Wasser"

Bedrohung aus dem Wasser: In einem Wasseruntersuchungs-Koffer aus der Zeit Robert Kochs sind Modelle von Krankheitserregern zu sehen, die durch kontaminiertes Wasser übertragen werden können. Hinten (v.l.n.r.): Entamoeba histolytica, der Erreger der Amöbenruhr; Legionelle, Auslöser der Legionärskrankheit; Hepatitis-A-Virus. Vorne: Pärchenegel, Verursacher der Bilharziose; Salmonella typhi, das Typhus-Bakterium.

© Foto: NHM, Kurt Kracher



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
 Installation "Mikroben im Labor"

© Foto: NHM, Kurt Kracher

Pressebilder Übersicht (3/5)



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
Installation "Simulieren Sie die Pandemie"

© Foto: NHM, Kurt Kracher



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
Installation "Wehret den Mücken"

© Foto: NHM, Kurt Kracher



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
Installation "Mikroben im Labor"

© Foto: NHM, Kurt Kracher



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
Installation "Hygiene in der Klinik"

Hygiene in der Klinik: Anhand eines Playmobil-Krankenhauses können Besucher potenzielle Infektionsquellen im Krankenhaus explorieren und sich über präventive Hygiene-Maßnahmen kundig machen.

© Foto: NHM, Kurt Kracher

Pressebilder Übersicht (4/5)



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
Die Seuchen der Welt – Eine Zeitreise

© Foto: NHM, Kurt Kracher



Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"
Installation "Die Wirkung der Antibiotika"

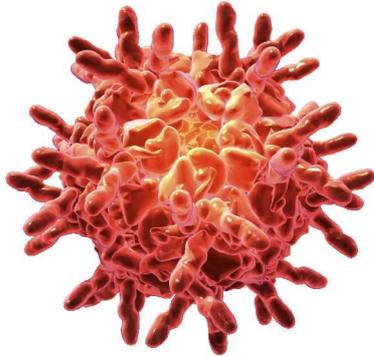
© Foto: NHM, Kurt Kracher



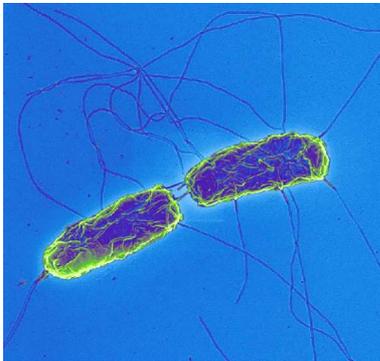
Ausstellungsansicht "MenschMikrobe"

© Foto: NHM, Kurt Kracher

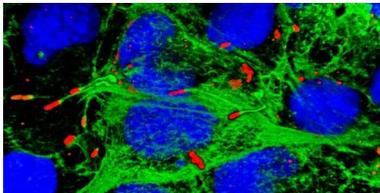
Pressebilder Übersicht (5/5)



Schnupfenvirus, Computermodell
© Anna Tanczos, Wellcome Images

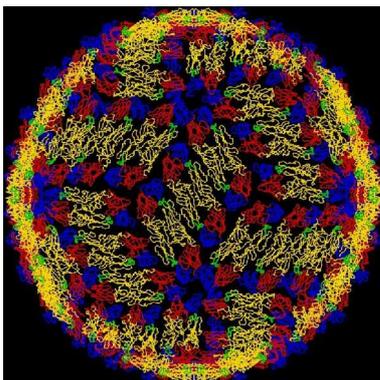


Salmonella typhi,
© Abbildung: MPI für Infektionsbiologie, V. Brinkmann



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.

© Abbildung: MPI für Infektionsbiologie, V. Brinkmann



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.

© Abbildung: Purdue University, R. Kuhn/M. Rossmann