

Nr 2 • 2024

Das Magazin von Pfizer Deutschland

# zwei



**ABWEHR**  
ein Heft über

Selbst und Nicht-Selbst  
Ekel als Schutz  
und die Kraft des X-Chromosoms

## Liebe Leserinnen und Leser,

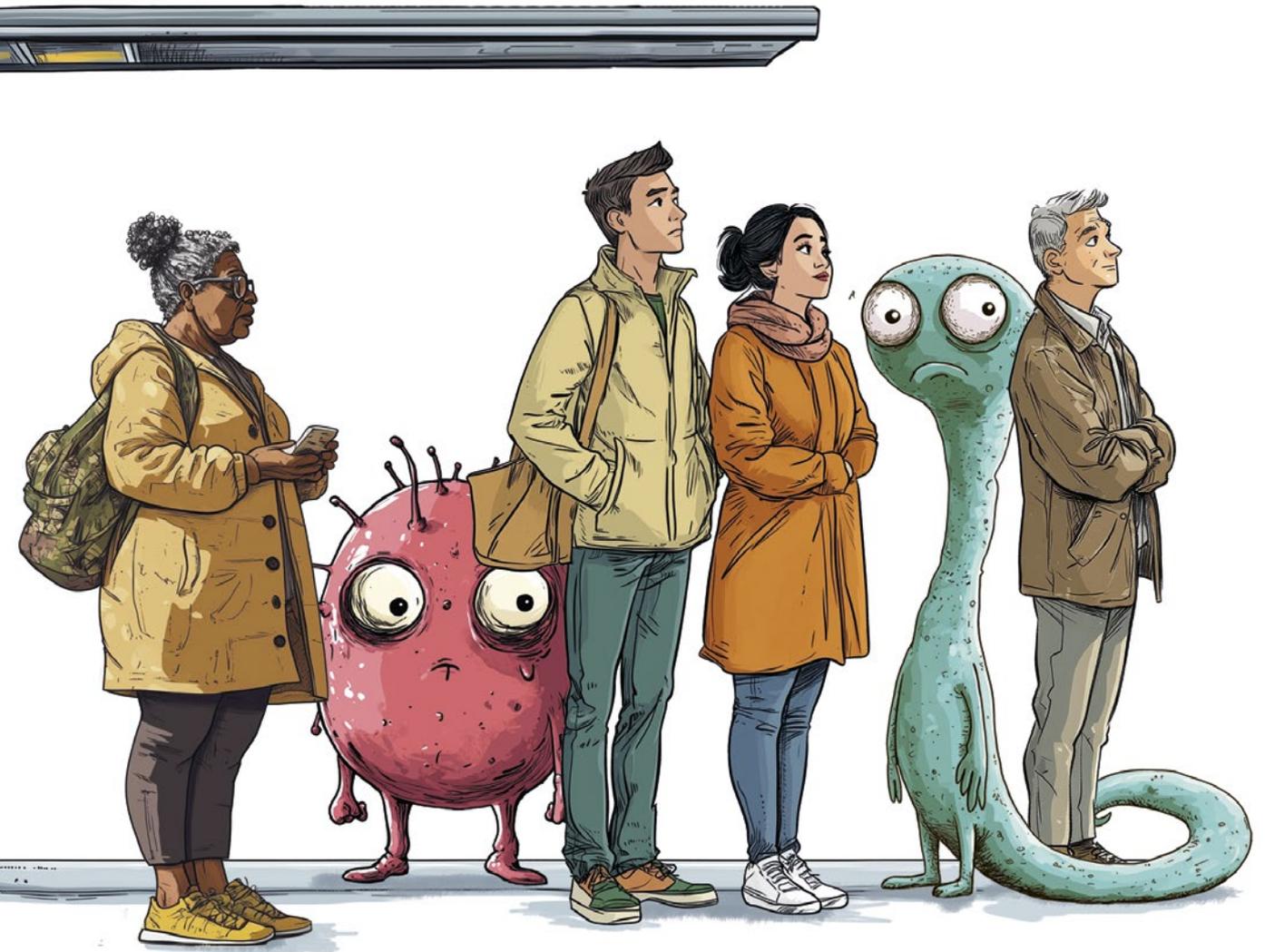
wo haben Sie sich zuletzt ein Virus eingefangen? Im Bus oder im Supermarkt? Im Winter können wir dem eigenen Immunsystem immer wieder bei der Arbeit zuschauen. Manchmal ist es so rege, dass es uns umhaut. Jede zehnte menschliche Körperzelle steht im Dienst unserer Abwehr, die rund um die Uhr über unsere körperliche Integrität wacht.

Ich freue mich derzeit auf mein zweites Kind. Mit Impfungen gegen Keuchhusten, RSV und Influenza während meiner Schwangerschaft kann ich es vom ersten Atemzug an schützen. Doch hätten Sie gedacht, dass nicht nur werdende Mütter die Abwehrkräfte und die Gesundheit ihrer Kinder beeinflussen können, sondern auch schon Jungs im Teenager-Alter? Nachzulesen auf S. 24.

Mit dem Immunsystem als Thema dieser Ausgabe haben wir uns einen der komplexesten Bereiche der Biologie überhaupt vorgenommen. Vermittelbar ist das nur mit einer gehörigen Portion Vereinfachung – und einem kleinen Augenzwinkern. Das Leben ist und bleibt ein Wunder.

Ihre Carolin Crockett





# ***Deine Abwehr zieht mich an!***

Dass sich Paare gut riechen können, ist bekannt.

Seit ein paar Jahren wissen wir auch, was sich die Natur dabei gedacht hat: die Stärkung des Immunsystems.

Auf dem menschlichen Chromosom Nummer 6 finden sich etwas mehr als 200 Gene des sogenannten Gewebeverträglichkeitssystems (HLA-Systems). Sie codieren Proteine, die der Körper für die Immunerkennung braucht, um zu entscheiden, was zu uns gehört und was nicht. Bei Menschen mit größerer Heterozygotität, also vielen unterschiedlichen Genen, funktioniert dieses Erkennen besonders gut, sie sind immunologisch breiter aufgestellt.

Diesen Vorteil durch Vielfalt bekommt man durch Eltern mit möglichst unterschiedlichen Gen-Komplexen. Dass diese zueinanderkommen, besorgt die Natur über den Geruch: Schon in den

90er-Jahren zeigte eine inzwischen legendär gewordene Schweizer Studie, dass Frauen den Geruch von Männern bevorzugten, deren HLA-Gene stark von ihren eigenen abwichen.<sup>1</sup> Spätere Studien fanden heraus, dass unter Frauen, deren Männer anderen HLA-Typs waren, der Kinderwunsch größer war als bei Paaren, deren Komplexe sich glichen.<sup>2</sup> Bei ähnlichen Genen neigten Frauen dagegen eher zu außerehelichen Beziehungen.<sup>3</sup>

Auf langfristige Beziehungen hat das allerdings kaum Einfluss. Unter 3691 deutschen Ehepaaren gab es nicht mehr Genvielfalt als bei zufällig zusammengestellten Paaren. Vermutlich, weil unsere Partnerwahl keine rein biologische mehr ist, sondern „vom sozioökonomischen Status, gemeinsamen Interessen und Familienarrangements“<sup>2</sup> abhängt. Und vom Parfum.

# Ein ungeheurer Aufwand

Selbst oder Nicht-Selbst? Das entscheidet die Körperabwehr millionenfach am Tag. Ein Gespräch mit der Immunologin Prof. Dr. Barbara Bröker von der Universität Greifswald.

*„Das Immunsystem ist so leicht verständlich wie das deutsche Steuergesetz auf Chinesisch ...“; hat ein Wissenschaftsautor<sup>1</sup> einmal geschrieben ...*

(Lacht) Das reicht noch nicht. Es ist ähnlich komplex wie das zentrale Nervensystem und dazu noch dynamisch.

**Wie lange könnten wir ohne Immunsystem leben?**

Tage, vielleicht Wochen, dann würden wir an einer Infektion sterben. Unser Körper betreibt einen ungeheuren Aufwand, um mit der Umwelt im Gleichgewicht zu bleiben: Wenn wir mal die roten Blut-

körperchen abziehen und uns nur auf unsere Körperzellen mit Kern beziehen, dann ist jede dritte Zelle des Menschen eine Immunzelle.

**Wann hat die Evolution mit dieser „Du-oder-ich-Dynamik“ begonnen?**

Vermutlich schon in den allerersten Anfängen des Lebens. Bereits Einzeller mussten sich gegen Eindringlinge erwehren, die von ihnen profitieren wollten. Das eigentlich Gefährliche an fremden Organismen ist ihre Erbinformation, also ihre DNA oder die RNA, die das eigene Informationssystem stören kann. Folglich haben alle Zellen Abwehrmechanismen gegen fremde DNA und RNA, auch



Pflanzenzellen und Bakterien. Letztere verteidigen sich beispielsweise gegen den Befall mit Viren mit der berühmten Genschere CRISPR-Cas – sie zerschneiden damit die virale DNA.

### ***Das Leben besteht also aus Angriff und Abwehr?***

Das hat man in der Immunologie lange so gesehen und mit entsprechend militaristischer Sprache beschrieben: die Abwehrezellen zum Beispiel als Soldaten, die Antikörper als Waffen. Und der Schutz vor Erregern ist ja tatsächlich die Kernaufgabe des Immunsystems. Aber: Inzwischen verstehen wir unsere belebte Umwelt nicht mehr als reines Außen oder strikte Bedrohung, gegenüber der sich der Körper schützen muss. Wir sehen stärker das dynamische Gleichgewicht zwischen dem „Selbst“ und der mikrobiellen Umwelt. Denn auf unserer Haut und unseren Schleimhäuten leben ja Milliarden Mikroorganismen, von denen wir enorm profitieren. Die Zahl der durch mikrobielle Gene kodierte Enzyme übertrifft die im menschlichen Genom bei weitem. Dank der Mikroorganismen können wir aus unserer Nahrung zehn Prozent mehr Kalorien ziehen und gewinnen essenzielle Substanzen, die unser Körper gar nicht herstellen könnte. Sie schließen für uns auch ansonsten unverdauliche Substanzen wie Pflanzenfasern auf. Es ist also besser, nicht als Haudrauf auf alles „Fremde“ loszuschlagen, sondern sich mit der Welt ins Einvernehmen zu bringen.



### ***Woher weiß unser Körper, welcher Eindringling gefährlich ist und welcher nicht?***

Er hat es gelernt. Wir haben zwei große Systeme: In unserem angeborenen Immunsystem sind Jahrmillionen Evolutionserfahrung abgespeichert, wie verhindert werden kann, dass Mikroorganismen den Körper überwältigen. Dieses System reagiert bei Gefahr sofort, oft merken wir nicht einmal, dass es ein Problem für uns löst. Reicht das nicht, springt das zweite System an, die sogenannte adaptive Abwehr. Sie ist ein kraftvolles Instrument mit Milliarden von B- und T-Zellen, von denen immer einige genau zum jeweiligen Erreger passen (siehe Grafik S. 10).

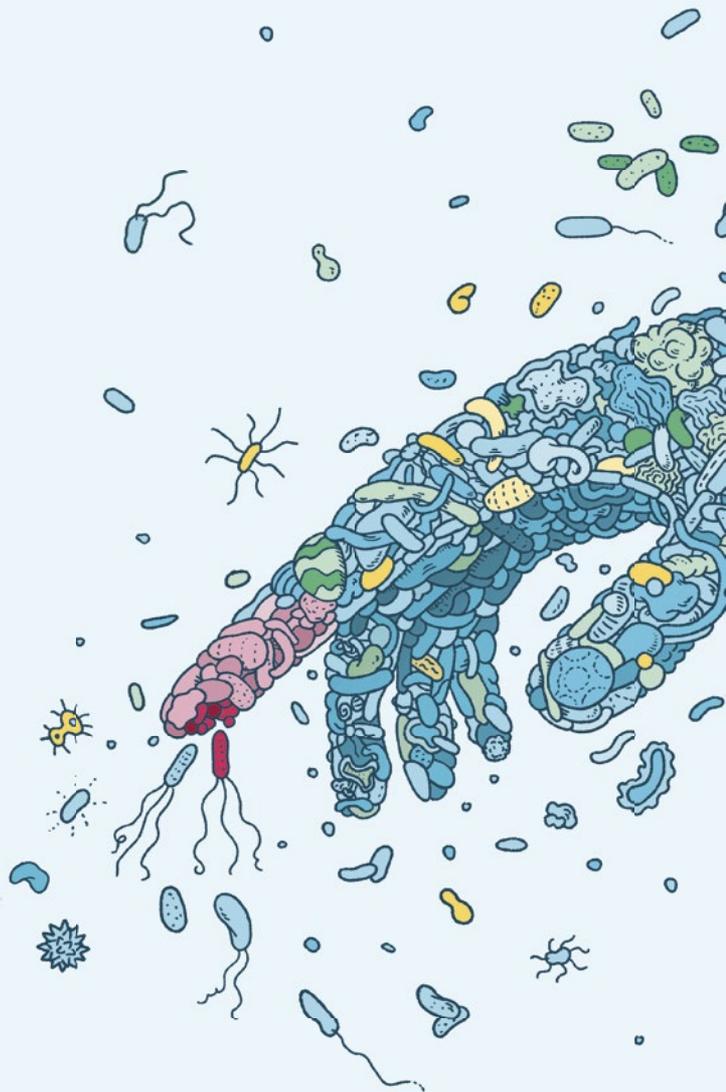
Das adaptive Immunsystem lernt aus jeder einzelnen Begegnung mit der Welt, deshalb nennt man es auch erworbene Abwehr. Treffen wir später dann wieder auf den gleichen Erreger, verläuft der Kontakt milder oder symptomfrei. Wir nutzen diese erstaunliche Fähigkeit des Körpers, sich Erreger zu merken, auch bei Impfungen. Man verabreicht abgeschwächte Antigene, und der Körper bildet ein Immungedächtnis.

### ***Wie kann es sein, dass das Immunsystem im Darm harmlose Wohngemeinschaften mit Bakterien wie *Escherichia coli* toleriert und genau die gleichen Bakterien zum Beispiel in den Harnwegen angreift?***

Das ist ein zentraler Punkt: Aktiv wird das Immunsystem nur, wenn es die Kolibakterien als Gefahr wahrnimmt. Das ist dann der Fall, wenn diese Bakterien die Grenzflächen des Körpers wie Haut oder Schleimhäute nicht mehr respektieren, sondern in den Organismus eindringen. Dort treffen sie auf Makrophagen und andere Zellen des angeborenen Immunsystems, welche die Eindringlinge als Gefahr erkennen und eine Abwehrreaktion lancieren. Das bedeutet: Sobald die Mikroorganismen sich nicht mehr auf der Haut oder auf den Schleimhäuten oder auch im Inneren des Darms aufhalten, sondern ins Gewebe einwandern, ist es mit der Toleranz vorbei.

### ***Das Immunsystem bestimmt also die Integrität unseres Körpers, wer dazugehört und wer rausgeschmissen wird?***

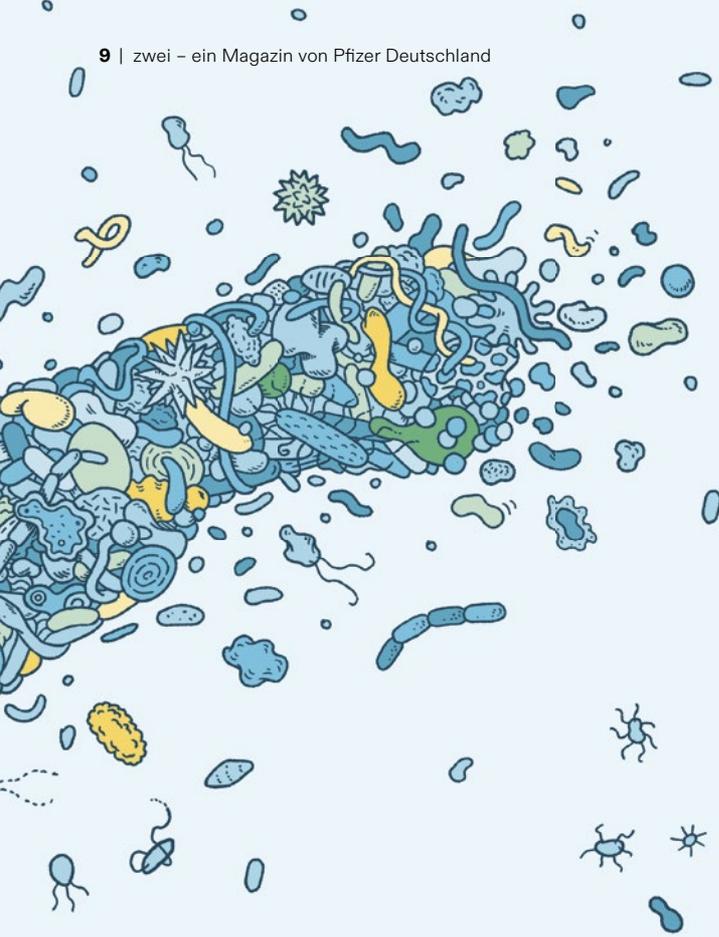
Ganz richtig. Und diese Interpretation stimmt nicht immer mit unserer Intuition überein. Denken



wir mal an einen Embryo: Da wächst im mütterlichen Organismus ein Kind heran, das 50 Prozent seines Genoms vom Vater geerbt hat. Also, etwas Fremderes kann man sich fast nicht vorstellen – außer einem kompletten Transplantat. Trotzdem interpretiert das Immunsystem den Embryo als eigen, sonst wären Schwangerschaften nicht möglich.

### ***Wie kann das funktionieren?***

Das ist tatsächlich ein immunologischer Drahtseilakt. Erst einmal reagiert der Körper mit einer Entzündung, wenn sich das Ei einnistet. Das wird aber genutzt, um den Mutterkuchen, die Plazenta, wachsen zu lassen. In der Hauptphase, wenn der Embryo gedeiht, ist alles auf Entzündungsunterdrückung gestellt. Schwangere haben viel mehr regulatorische T-Zellen, die dabei helfen,



Entzündungsreaktionen zu unterdrücken. Die Gebärmutter hat auch von Natur aus eine geringere Immunaktivität, zusätzlich wird das Immunsystem rings um den Fötus und die Plazenta gezielt abgeschwächt. Der Mutterkuchen bildet auch eine natürliche Barriere zwischen den Geweben der Mutter und des Fötus, wodurch das mütterliche Immunsystem weniger Zugang zu den fetalen Zellen hat. Das ist ein hochausgeklügeltes Zusammenspiel. Im letzten Trimester wird die Umgebung um den Embryo wieder pro-entzündlich, denn das braucht es, um die Geburt auszulösen. Rein immunologisch gesehen ist die Geburt eine Abstoßungsreaktion.

**Nochmal zurück zum angeborenen Abwehrsystem: Sie sagten, dass es sofort reagiert, wenn Gefahr droht. Woher weiß es das denn?**

Im Zuge der Evolution haben sich ganz spezielle Rezeptoren auf Zellen herausgebildet, welche molekulare Muster der Krankheitserreger erkennen. Nehmen wir den berühmten Toll-Like-Rezeptor 4: Er kann Lipopolysaccharide binden –

das sind Moleküle, die gramnegative Bakterien auf ihrer Oberfläche tragen. So kann dieser Rezeptor eine ganze Gruppe von Erregern erkennen, und die Zelle stößt dann ein Warnsignal für andere Immunzellen aus.

**Was macht ein starkes Immunsystem aus?**

Es schafft die Balance zwischen einer wirksamen Abwehr und einem möglichst gezielten und sanften Vorgehen. Denn an eines müssen wir immer denken: Unser Immunsystem kann uns innerhalb von Minuten umbringen. Es hat solch ein Potenzial, dass es lebensbedrohlich wird, wenn es überschießt. Das passiert beispielsweise bei einer Blutvergiftung (Sepsis) oder einem Zytokinsturm. Ein übereifriges Immunsystem befördert aber auch Allergien und verschiedenste Erkrankungen, die durch chronische Entzündungen entstehen (s. S. 10). Manchmal bekämpft es auch das Eigene als fremd – das sind die Autoimmunkrankheiten. Also: Ein starkes Immunsystem bedeutet nicht, dass es da immer mit voller Kraft zur Sache geht.

**Was schwächt ein Immunsystem?**

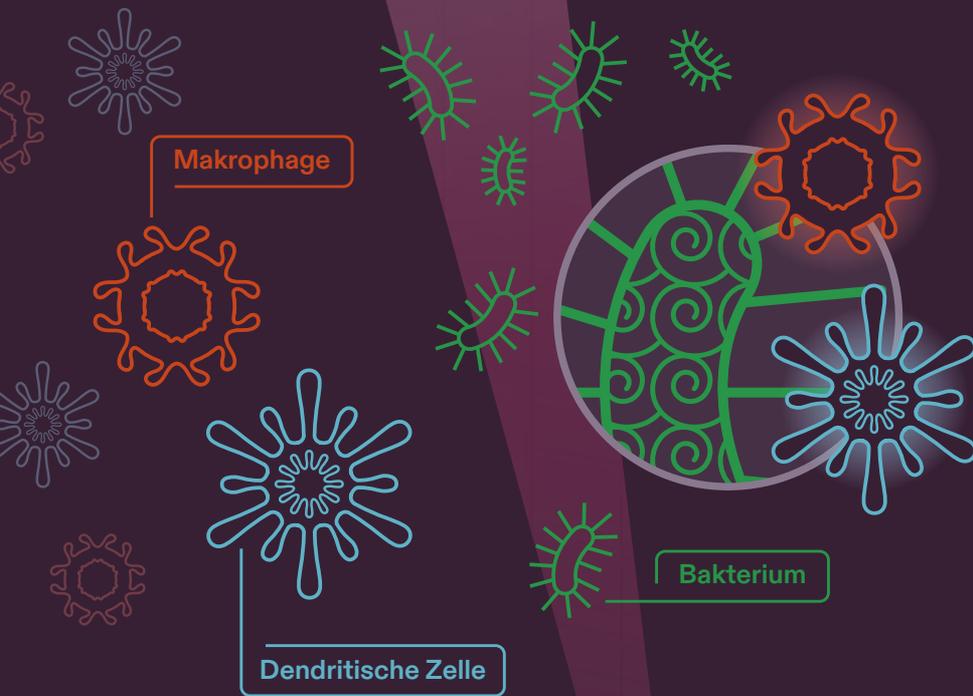
Alles, was wir mit einem ungesunden Lebensstil verbinden: zu wenig Bewegung, zu wenig Schlaf, Mangelernährung, wozu auch die Unterversorgung mit bestimmten Nährstoffen zählt, denn unser Immunsystem braucht viel Energie. Überernährung ist allerdings auch schädlich, sie führt zu einem erhöhten Infektionsrisiko. Tumorerkrankungen können das Immunsystem schwächen, und es gibt auch zahlreiche Medikamente mit einem negativen Einfluss auf das Immunsystem. Da muss man dann natürlich den Nutzen und den potenziellen Nachteil sehr gut gegeneinander abwägen.



**Prof. Dr. Barbara Bröker** leitet das Institut für Immunologie der Universitätsmedizin Greifswald und ist Mitglied der Hamburger Akademie der Wissenschaften.

# Volle Abwehr!

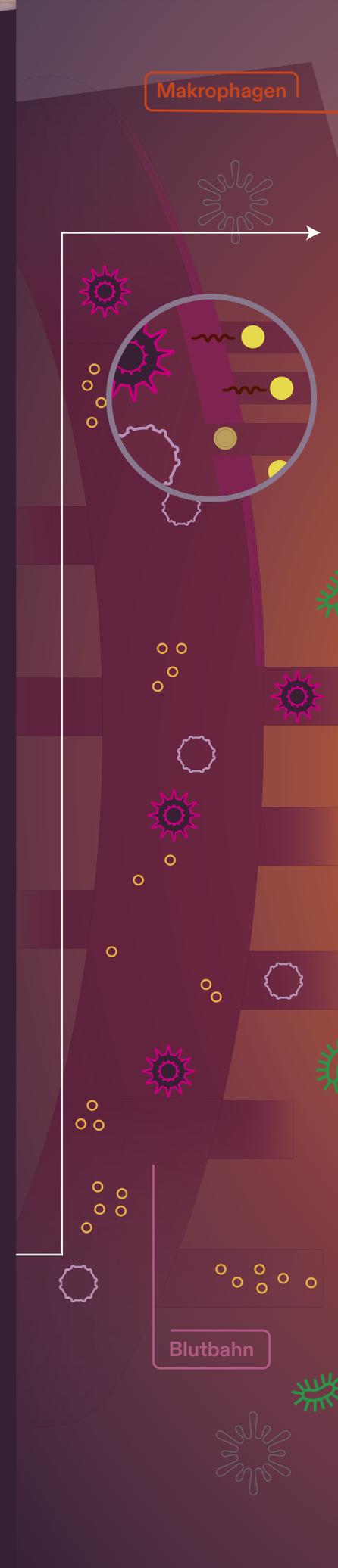
Mit zwei Verteidigungslinien schützt uns unser Körper vor krankmachenden Bakterien, Viren, Pilzen und auch Tumorzellen: mit dem angeborenen Immunsystem und dem adaptiven. Hier das vereinfachte Beispiel einer bakteriellen Infektion.<sup>1</sup>



**Wächterzellen (Makrophagen, dendritische Zellen u.a.)** patrouillieren im Körper.

Plötzlich ein Schnitt im Finger. Das **Allerweltsbakterium Staphylococcus aureus** dringt ein.

Die **Wächterzellen** erkennen die Bakterien an ihrem **Oberflächenmuster** und schlagen Alarm.



Makrophagen

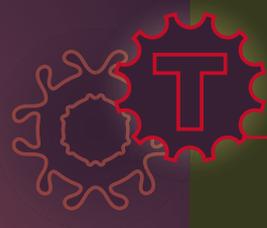
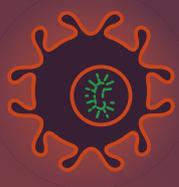
Makrophage

Bakterium

Dendritische Zelle

Blutbahn

<sup>1</sup> Wie die Immunantwort im Detail abläuft, hängt immer mit vom Erreger (Bakterien, Viren, Pilze etc.) ab.



T-Helferzelle

**Fresszellen (Makrophagen)** verschlingen so viele Bakterien wie möglich. Gleichzeitig rufen diese Fresszellen über **Signalmoleküle (Zytokine)** Verstärkung.

Etwa fünf Tage nach der Verletzung kommen erste **T-Helfer-Zellen** in der Wunde an. Sie feuern die inzwischen ermüdeten **Makrophagen** an.

# Angeborene Abwehr

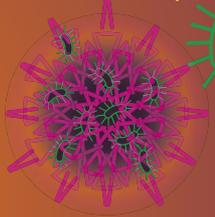
# Adaptive Abwehr

Zytokine



**Zytokine** lassen Blutgefäße anschwellen, sodass ihre Wände durchlässiger werden (eine Entzündungsreaktion). Dadurch können weitere Immunzellen und helfende Proteine aus dem Blut schnell zur infizierten Stelle flitzen.

Neutrophile



Schon sind **weiße Blutkörperchen** namens **Neutrophile** da, die den Feind ebenfalls umschlingen und zerlegen. Manche explodieren zu DNA-Netzen voller antibakterieller Stoffe, damit die Bakterien nicht noch mehr Land gewinnen.

Bei einem gesunden Immunsystem kann diese angeborene Abwehr schon ausreichen. Ansonsten beginnt die adaptive Immunreaktion – ein mächtiges System, das passgenau auf **Staphylococcus aureus** reagiert.

Monozyten



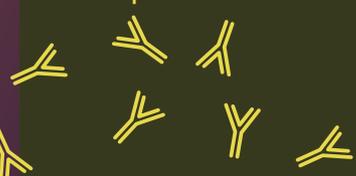
Eine weitere Gruppe **weißer Blutkörperchen**, die **Monozyten**, kommen über die Blutbahn angesaugt und verwandeln sich im infizierten Gewebe zu Fresszellen. Auch sie alarmieren weitere Immunzellen. Inzwischen spürt der Mensch seine Wunde deutlich: Sie ist rot, geschwollen und schmerzt.

Komplementproteine

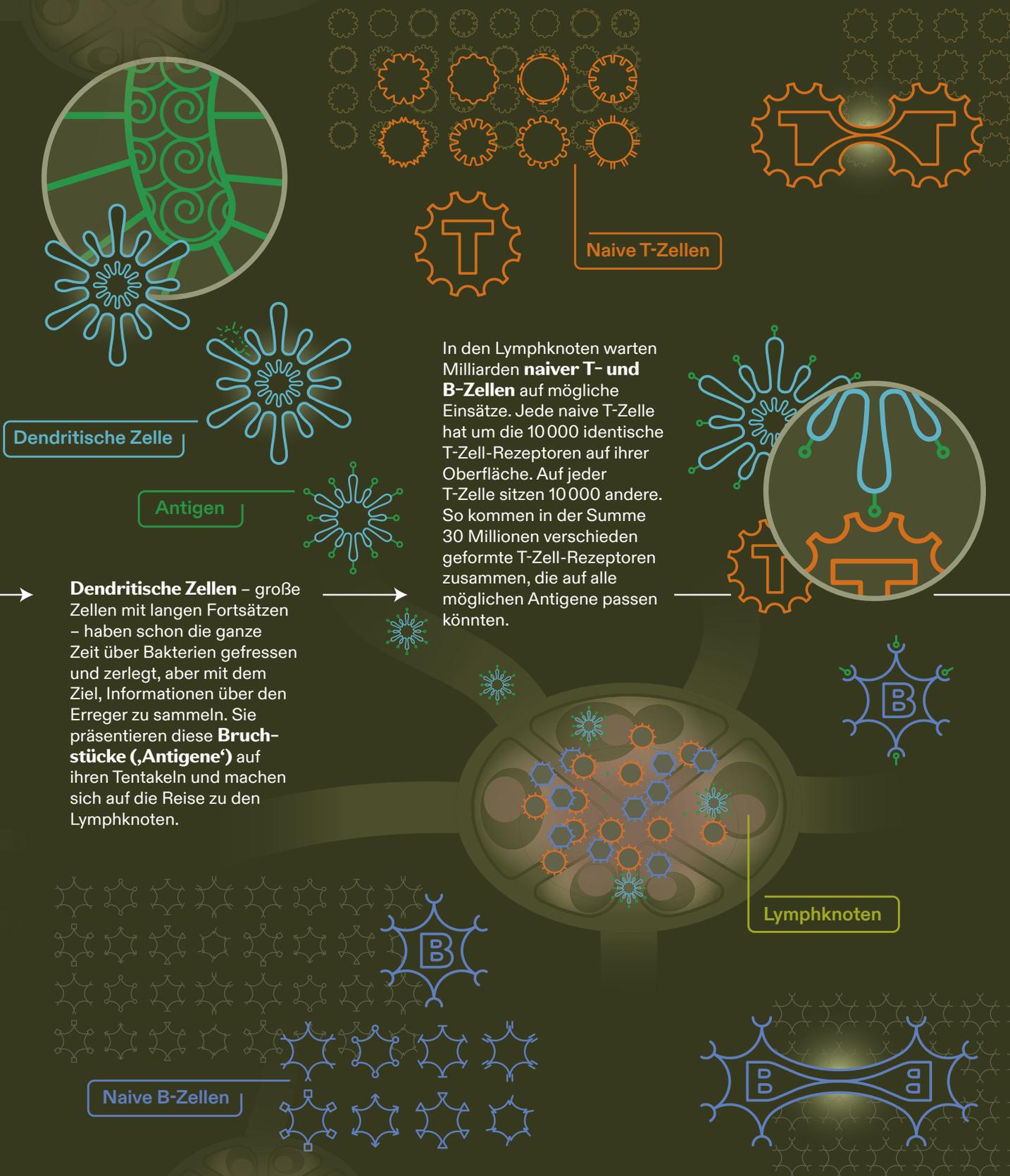


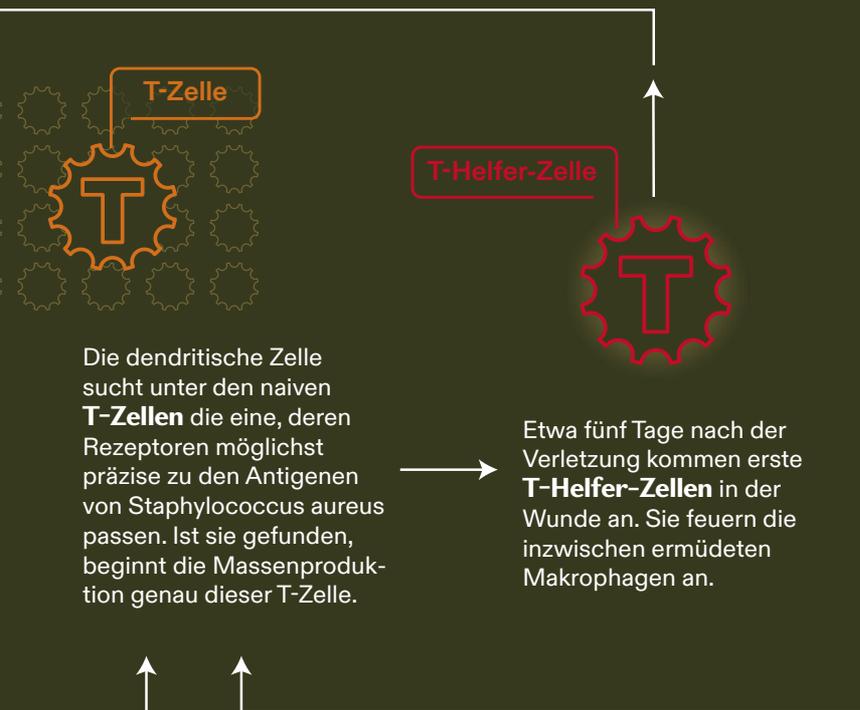
Winzige **Komplementproteine**, die in allen Körperflüssigkeiten herumtreiben, heften sich zu Tausenden an die Bakterien und versuchen, sie zu vernichten. Wenn das – wie im Falle von **Staphylococcus aureus** – nicht gelingt, sorgen sie immerhin dafür, dass Fresszellen die Bakterien leichter zu packen bekommen.

Antikörper



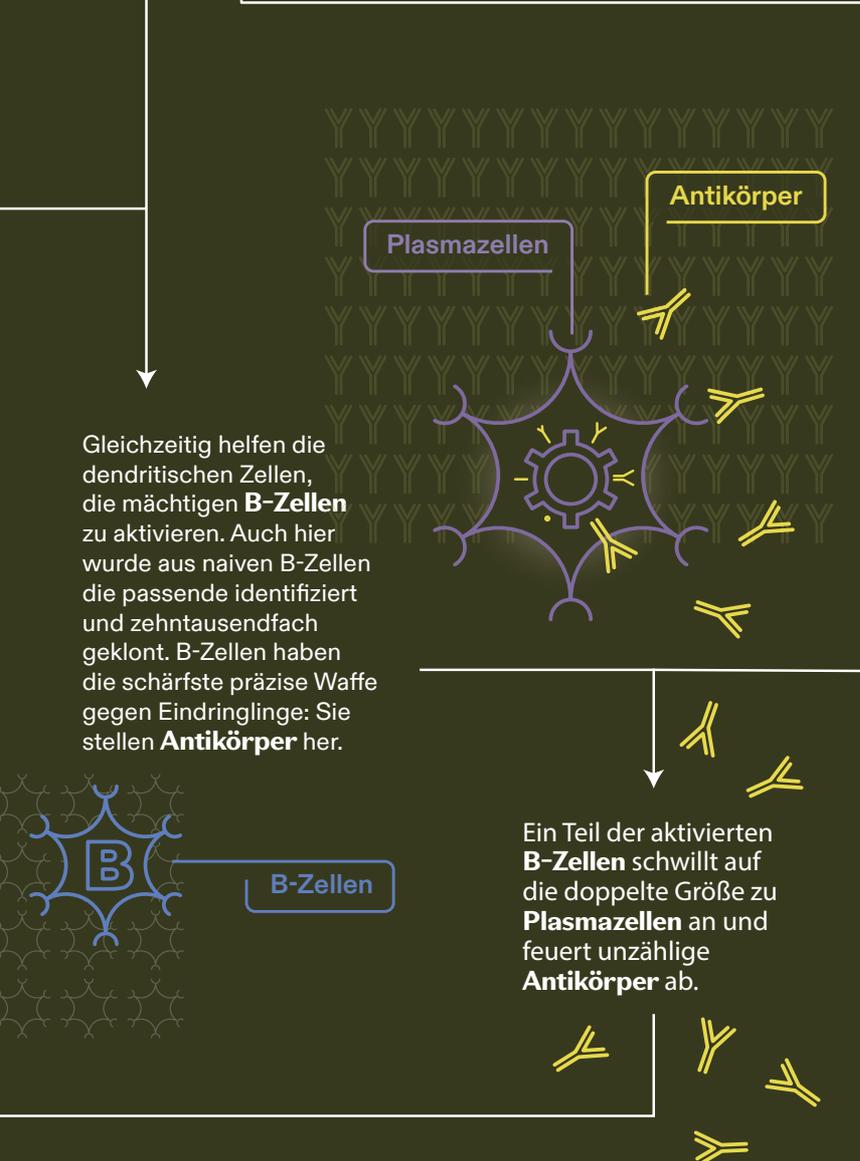
**Antikörper** strömen millionenfach in die Wunde, packen die Eindringlinge, verkleben oder markieren sie für andere Immunzellen.





Die dendritische Zelle sucht unter den naiven **T-Zellen** die eine, deren Rezeptoren möglichst präzise zu den Antigenen von *Staphylococcus aureus* passen. Ist sie gefunden, beginnt die Massenproduktion genau dieser T-Zelle.

Etwa fünf Tage nach der Verletzung kommen erste **T-Helfer-Zellen** in der Wunde an. Sie feuern die inzwischen ermüdeten Makrophagen an.



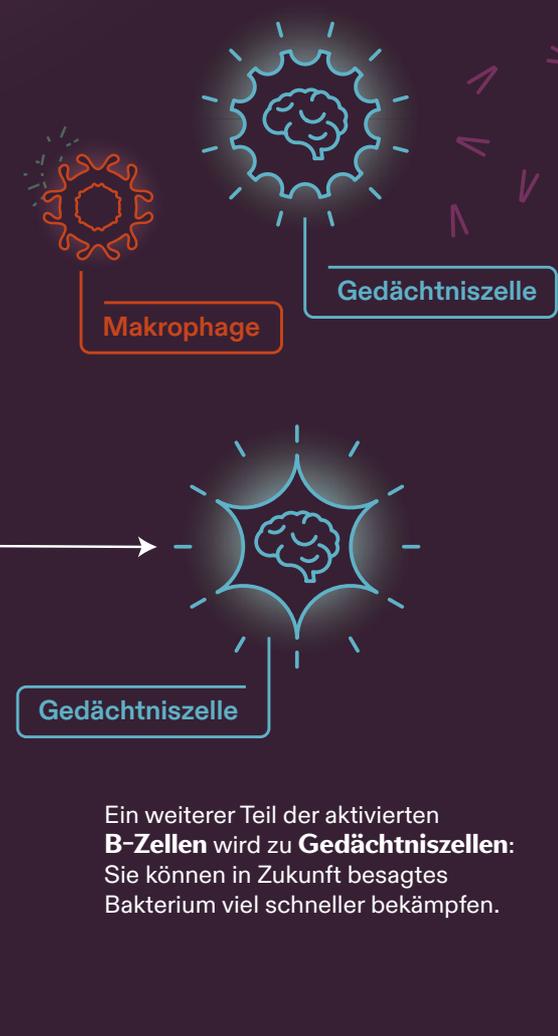
Gleichzeitig helfen die dendritischen Zellen, die mächtigen **B-Zellen** zu aktivieren. Auch hier wurde aus naiven B-Zellen die passende identifiziert und zehntausendfach geklont. B-Zellen haben die schärfste präzise Waffe gegen Eindringlinge: Sie stellen **Antikörper** her.

Ein Teil der aktivierten **B-Zellen** schwillt auf die doppelte Größe zu **Plasmazellen** an und feuert unzählige **Antikörper** ab.



# Immungedächtnis

Wenn die Zahl der Eindringlinge deutlich gesunken ist, werden weniger **Zytokine** ausgeschüttet. **Regulatorische T-Zellen (Tregs)** schütten Botenstoffe aus, wodurch sich naive T-Zellen schwerer aktivieren lassen. Viele aktivierte T-Zellen sterben ab, andere werden zu **Gedächtniszellen**, Neutrophile vernichten sich, Makrophagen räumen die Zelltrümmer weg. Die Immunreaktion ist beendet.



Ein weiterer Teil der aktivierten **B-Zellen** wird zu **Gedächtniszellen**: Sie können in Zukunft besagtes Bakterium viel schneller bekämpfen.



# Segen und Fluch des X

## Was Frauen von ihrem „Back-up-Chromosom“ haben

Die berühmte „Männergrippe“ ist echt. Influenza und Erkältungen erwischen den Mann öfter und schlimmer als die Frau. Schlechter geschützt ist er auch gegen Tuberkulose, HIV, Magen-Darm-Entzündungen, Malaria und Hepatitis-A-Folgeerkrankungen – und das Coronavirus brachte fast dreimal so viele Patienten als Patientinnen auf die Intensivstation.

Ein Grund: Männer haben nur ein X-Chromosom, Frauen dagegen zwei.

Dieses X könnte man auch das „Immunchromosom“ des Menschen nennen. Von allen 46 Chromosomen enthält es die größte Anzahl immunbezogener Gene – viele davon exklusiv. Da die Zellen der Frau Informationen von zwei X-Chromosomen ablesen können, haben sie sozusagen immer ein Back-up für ihr mehr als 900 Gene tragendes X. Evolutionär gesehen ist diese üppige Abwehrausstattung sinnvoll, denn Frauen sollen das ungeborene und neugeborene Leben schützen. Das Y der Männer ist mit um die 100 Genen vergleichs-

weise klein. Weiterer Abwehrhaken: Es enthält das Gen für Testosteron. Das männliche Geschlechtshormon hemmt das Immunsystem – während das weibliche Sexualhormon Östrogen es stimuliert.

Doch die Stärke des X ist auch seine Schwäche: Dann nämlich, wenn das weibliche Immunsystem überreagiert und eigene Körperzellen als feindliche Erreger wahrnimmt. Vier von fünf chronischen Autoimmunerkrankungen treffen Frauen – etwa Multiple Sklerose, rheumatoide Arthritis, Typ-1-Diabetes, Lupus oder Schilddrüsenentzündung, aber auch Asthma oder Morbus Crohn bzw. Colitis ulcerosa, bei denen das Immunsystem den eigenen Verdauungstrakt angreift.

Frauen und Männer sind unterschiedlich gebaut, anders krank und brauchen eine andere Medizin. So reagieren Frauen etwa auf Impfungen besser als Männer. Bei fast allen Vakzinen sind ihre Antikörperantworten stärker, die Wirkung haltbarer, die Intervalle länger. Auch das ist die Doppelkraft des X.

ARTHRITIS • ALZHEIMER • PARKINSON  
KREBS • HERZKREBLAUF • HERZKREBLAUF  
DIABETES • SCHLAGANFALL • SCHLAGANFALL  
SCHUPPENFLECHTE • SCHUPPENFLECHTE  
RHEUMA • NEURODEGENERATION • NEURODEGENERATION  
FETTLLEBER • DEPRESSION • DEPRESSION  
MORBUS CROHN • MORBUS CROHN

Fast jede Krankheit,  
geht mit einem  
das es gar nicht

PARKINSON  
FARKT

die einem einfällt,  
Übel einher,  
geben dürfte:  
eine chronische  
Entzündung ...

RMITIS

SSION

IPOSITAS

... Dabei wird der kranke Mensch Opfer des eigenen Immunsystems. Während eine akute Entzündung ein heftiges Feuer ist, das die Feinde des Körpers vertreibt und hernach gelöscht wird, ist die chronische Entzündung ein Schwelbrand ohne Sinn und Ende. Mehr als die Hälfte aller Todesfälle weltweit sind auf Leiden zurückzuführen, die von einer dauerhaften Entzündung befeuert werden. Was also, wenn man diese vermeiden könnte? Es wäre eine medizinische Revolution. Scharen von Forschenden arbeiten daher an antientzündlichen Therapien sowie an Mitteln und Wegen, chronische Entzündungsherde leichter aufzuspüren.

Denn das Tückische ist: Chronische Entzündungen verlaufen meist still. Betroffene spüren nicht, dass sich Zellen nicht mehr regenerieren können, weil sie unter Dauerbeschuss von alarmierten Botenstoffen (Zytokinen) stehen und von Immunzellen wie Makrophagen und Neutrophilen überschwemmt sind, die hochreaktive, Sauerstoff enthaltende Moleküle (Sauerstoffspezies, ROS) produzieren. Letztere greifen auf Dauer auch die körpereigenen Zellen an. So kommt es zu Schäden an Geweben und Organen, die letztlich jede Krankheit verschlechtern und im weiteren Sinne auch das Altern antreiben.

Geforscht wird heute unter anderem daran, wie man Entzündungen gezielter hemmen kann, um nicht per genereller Immunsuppression das ganze Abwehrsystem schwächen zu müssen. Wissenschaftler suchen nach „Triggern“ chronischer Entzündungen in unserer Umgebung, nach Giften in unserer Luft, falschen zirkadianen Rhythmen, Problemen mit Nahrung und Wasser, also unserem „Exposom“ – der Gesamtheit aller Umwelteinflüsse, denen wir ausgesetzt sind. Und die Rolle des „Mikrobioms“ wird erforscht, also wie eine gesunde Darmflora chronischen Entzündungen vorbeugen kann. Was uns – wie so oft – dazu bringt, dass wir es vor allem selbst in der Hand haben: Gesund leben – wenig bis keinen Alkohol, kein Nikotin, wenig Zucker, viel pflanzliche Kost und Sport – wirkt wie ein Löschmeister unserer chronischen Schwelbrände. Vor allem Bauchfett zu reduzieren wirkt Wunder, fabrizieren seine Zellen doch zahlreiche entzündungsfördernde Botenstoffe und überschwemmen den ganzen Körper damit. Öl ins Feuer von Depression, Rheuma und Krebs.



Gesundheit ist eines der wichtigsten und komplexesten Güter auf unserem Planeten. Um sie zu sichern, müssen wir über nationale Gesundheitssysteme hinausgehen, sagt Prof. Dr. Detlev Ganten, einer der bekanntesten Vertreter für „Weltgesundheit“.

# Die Abwehrkraft der Welt

*Herr Prof. Ganten, wie schauen Sie als „Dr. World Health“ auf die Menschen? Wie ist es um uns bestellt?*

Acht Milliarden Menschen kann man nicht über einen Kamm scheren. Aber zwei Pole sind unübersehbar: Auf der einen Seite gibt es High-Tech-Medizin mit ungeheuren Fortschritten. Und auf der anderen fehlt es vielerorts an einer Grundversorgung. Außerdem dauert es noch immer zu lang, bis Forschung zu praktischer Medizin wird. Und nicht nur Pandemien, auch Zivilisationskrankheiten breiten sich schneller aus, als sich die Medizin entwickelt. Menschen erkranken und sterben in großer Zahl an Gebrechen, die vor 30 Jahren, als ich Arzt wurde, selten waren.

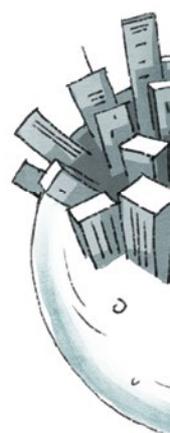
*Woran liegt das?*

Unser jetziger Lebensstil ist nicht für unsere Millionen Jahre alte Biologie gemacht: Wir bewegen uns zu wenig, essen nicht ausgewogen, fühlen uns gestresst. Das führt zu einer enormen Last durch Zivilisationskrankheiten, die über ein gutes Leben – also Prävention – vermeidbar wären. Fühlen Sie sich gesund?

*Mental schon, körperlich mal so und mal so.*

(Lacht) Ich fühle mich gesund. Aber wenn ich mich jetzt in einem Krankenhaus untersuchen lassen würde, dann würde man sicherlich etwas finden. Gesundheit ist ein Gefühl, diesen Gedanken hat der fantastische Philosoph Hans-Georg Gadamer an seinem 100. Geburtstag geäußert. Gadamer meinte damit, dass sich ein Mensch gesund fühlt, wenn er das, was er kann, gerne tut und nicht versucht, seine körperlichen und geistigen Grenzen zu überschreiten.

Wenn wir also von Gesundheit und globalen Abwehrkräften reden, dann geht es um mehr als Medizin. Genaugenommen geht es um das komplexe Zusammenspiel von Biologie, Umwelt und Verhalten. Und da steht unsere Welt heute vor noch nie gekannten gesundheitlichen Herausforderungen: dem modernen Leben in einer künstlichen Stadt, dem Klimawandel, den Antibiotikaresistenzen, weiteren Pandemien, um ein paar Beispiele zu nennen.





**Was ist aus Ihrer Sicht die größte Herausforderung?**

Unser Umgang mit Komplexität. Alle großen Probleme, die die Zukunft der Menschheit betreffen, sind global und komplex. Alles, was auf uns einströmt, ist global: unser Essen, unsere Kleidung, unsere Alltagsgegenstände, teils auch die Lebensstile und die zunehmende Informationsflut, die keiner mehr versteht. All das beeinflusst unsere Gesundheit. Wobei wir von acht Milliarden Erdenbürgern reden, von denen jeder seine eigene, sehr komplexe und noch immer nicht voll verstandene Biologie mitbringt ...

Diese Komplexität muss erst einmal runtergebrochen werden. So wie Einstein mit  $E = mc^2$  eine Formel gefunden hat, die heute bereits jedes ältere Kind mal gehört hat, können wir Gesundheit als eine Funktion von Biologie, Umwelt und Verhalten verstehen. Jeder einzelne Begriff ist eine Welt für sich – aber man muss sie zusammendenken. Ich sehe Rudolf Virchow, den großen Mediziner, Forscher, Sozialpolitiker des 19. Jahrhunderts, als Referenzfigur für Medizin und Gesundheit, wie es Albert Einstein für die Physik ist. Virchow bezeichnete Bildung, Freiheit und Wohlstand als Grundpfeiler der Gesundheit. Er hatte verstanden, dass Gesundheit auch sozial determiniert ist. Sie wird in vielfacher Weise durch die Politik, Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft bestimmt. Und das macht nicht an nationalen Grenzen Halt.

**Wie kann man dieser ungeheuerlichen Komplexität begegnen? Wie fängt man an?**

Wir brauchen Modelle. Wir brauchen Vorreiter und Vorbilder, an denen wir uns orientieren können. Und wir brauchen jede Menge Vernetzung, wie wir sie zum Beispiel mit dem World Health Summit ermöglichen, der jedes Jahr in Berlin stattfindet. Es ist eine große Gefahr, dass Gesundheit in Europa immer noch ein nationales

Thema ist. In der Corona-Pandemie haben wir Grenzen dichtgemacht wie im Mittelalter. Zwischen den Gesundheitsministerien gab es keine etablierten ausreichenden und effektiven Kommunikationsstrukturen, Macron rief Merkel direkt an. Bis heute haben wir auch keine umfassende, internationale Datenbank, aus der wir lernen könnten, welche Maßnahmen während der Corona-Pandemie wie gegriffen haben. Erfolge, Misserfolge, Schwächen der einzelnen Systeme werden nicht klar kommuniziert. Das ist nicht effizient. Ich hoffe, dass wir solch ein Denken überwinden werden.

**Was genau würden Sie auf europäischer Ebene tun?**

Wir brauchen die Harmonisierung europäischer Gesundheitssysteme, allein schon, um auf mögliche weitere Pandemien vorbereitet zu sein und entsprechende Notfallressourcen gut zu verteilen. Gemeinsam lassen sich auch die großen Fragen klären: Wie gehen wir mit Künstlicher Intelligenz um? Wie mit Gentechnologie? Wie bringen wir hochindividualisierte Krebstherapien bezahlbar unters Volk? Wie etablieren wir effektive Präventionsprogramme? Es gibt so viele Fragen, die wir beantworten müssen. Europa ist in der Lage, Antworten darauf zu finden, wenn es geeinter auftritt.

**Wie könnte diese Harmonisierung innerhalb Europas konkret auf den Weg gebracht werden?**

Der EU-Gesundheitskommissar bräuchte mehr Kompetenzen und auch das nötige Geld, um wichtige Akteure der Gesundheitssysteme mit schnellen und konkreten Reformvorschlägen zu beauftragen – ähnlich wie es der Draghi-Bericht für die Wettbewerbsfähigkeit Europas tut. Außerdem brauchen wir einen EU-Gesundheitsrat, der wie ein Kabinett verschiedene Sektoren koordiniert – auch mit Leuten aus der Wirtschaft und Zivilgesellschaft, denn ansonsten bewegt sich nicht genügend. Solch ein Rat muss konkrete Handlungsanweisungen geben. Bisher verheddern sich zu viele gute Ansätze im Wirrwarr europäischer Strukturen.

**Prof. Dr. Detlev Ganten** gründete 2009 den World Health Summit. Der vielfach ausgezeichnete Molekular- und Evolutionsmediziner sowie Pharmakologe war unter anderem Vorsitzender der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, Gründungsdirektor des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin (MDC) sowie Vorstandsvorsitzender der neuen Charité-Universitätsmedizin. Gemeinsam mit den Präsidenten der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina und der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften ist er Mitgründer der Virchow Foundation.



*Prof. Dr. Detlev Ganten*

**»Gesundheit versteht jeder intuitiv als Wert von größter Bedeutung.«**

***Sie sprachen von Modellen, sind schon welche am Horizont?***

Ja, hier in Berlin. Berlin kann sich für Gesundheit profilieren wie Oslo für den Frieden. Für das Jahr 2035 ist eine Welt-Expo angedacht, um Gesundheit und Nachhaltigkeit in Städten zu verbessern. Berlin wäre dafür ein global sichtbares Modell. Schon jetzt haben wir beispielsweise mit dem Europäischen Energieforum EUREF ein Modellquartier für die klimaneutrale, ressourcenschonende und intelligente Stadt von morgen. Große Ereignisse wie die 800-Jahr-Feier Berlins im Jahre 2037, eine Internationale Bauausstellung oder Olympiade können die UN-Nachhaltigkeitsziele und damit gesundes Leben in gesunden Städten voranbringen.

Städte sind für die Zukunft der Welt von enormer Bedeutung. Bis 2050 werden 70 Prozent der Mensch-

heit in Städten leben. Öffentliche Gesundheit hängt zunehmend von Entscheidungen über städtische Systeme ab. Gesundheit ist dabei so etwas wie ein Türöffner zu den 17 UN-Nachhaltigkeitszielen, mit denen unser Planet besser, wenn nicht gerettet, werden soll.

***Warum ist Gesundheit ein Türöffner?***

Übers Klima, über Energienutzung, Mobilität oder Umweltschutz und Wirtschaft wird kontrovers debattiert, aber Gesundheit versteht jeder intuitiv als Wert von größter Bedeutung. Wer etwas für seine Gesundheit tut, macht auch etwas fürs Klima, für Bewegung, Ernährung, saubere Luft und Wasser, also für nachhaltige Städte ... Gesundheit ist der persönliche Kompass zur Erfüllung all dieser Ziele.

# Das bisschen Dreck?

Die Zunge unseres kleinen Sohnes an der S-Bahn-Scheibe: Meine Frau flippt aus. Ich nicht. Wer hat recht?

von Martin Schroth

Erst presst er seine Nase an die Scheibe und jetzt noch den Mund. „Lass das“, zischt meine Frau und zieht unseren Kleinen zurück. Ich bleibe cool wie ein Ast. Das bisschen Dreck, das lächle ich weg. Und überhaupt: Macht zu viel Reinlichkeit nicht Allergien?

Schmutz nutzt, habe ich im Kopf, ein Thema, das so manche Erziehungspartnerschaften auf harte Bewährungsproben stellt. Seit Jahren lesen wir immer wieder von der Hygienehypothese. Sie war 1989 entstanden, nachdem drei Jahrzehnte lang ein dramatischer Anstieg von Allergien, Heuschnupfen und Asthma bei Kindern in westlichen Industrienationen beobachtet worden war. Warum drehte ihr Immunsystem durch und attackierte harmlose oder falsche Ziele?

Aus Unterforderung in der frühen Kindheit – sagte die Hygienehypothese: Das Abwehrsystem von Kids, die zu viel Sauberkeit genießen, läuft leichter fehl. Kinder, die auf Bauernhöfen aufwuchsen oder in der Krippe waren, hatten das Problem offensichtlich nicht.

Doch staunen Forschende noch immer über einige Widersprüche. Wieso begann die Allergieepidemie erst in den 1960er-Jahren, lange nach der Einführung der Wasserhygiene in westlichen Städten in den 1920ern? Warum nimmt allergisches Asthma in asiatischen und





afrikanischen Städten mit geringer Hygiene immer noch zu? Und warum hatten Wildling-Mäuse in einer Studie von 2023 genauso allergisch auf Auslöser reagiert wie keimfreie Labormäuse? Hatte das ganze Mikrobentraining der Wildlinge also null Effekt?

Bis heute ist die Hygienehypothese mit einem Sternchen der Unsicherheiten versehen. Doch es gibt wissenschaftlich erhärtete Faustregeln, die Prof. Dr. Erika von Mutius – sie hat mit den „Bauernhofstudien“ entscheidende Erkenntnisse zur Hygienehypothese geliefert – so auf den Punkt bringt: „Das Immunsystem der Kinder muss vor allem in den Vorschuljahren trainiert werden. Es benötigt Sparringspartner. Es muss lernen, sich nicht übermäßig aufzuregen. Dazu braucht es simple Infekte oder eine Umgebung, die im weitesten Sinne als Natur zu begreifen ist.“

Die S-Bahn-Scheibe zählt dazu definitiv nicht. Stattdessen Umgebungen mit „gutartigen“ Bakterien und Viren, die nicht ernsthaft krank machen, wie beispielsweise die eigenen vier Wände mit ihren Mikroorganismen. Weswegen man, wenn zum Beispiel ein Neugeborenes nach Hause kommt, lieber die alte Matratze behalten sollte. Und den Hund, falls vorhanden, auch. Oder gar einen anschaffen. Viel Kinderkontakt von Anfang an ist ebenfalls gut. Und vor allem: Raus, so oft es geht. „Waldkindergärten und Kitas in Gärten, wie es die Skandinavier haben, könnten möglicherweise einen Effekt haben“, sagt von Mutius, die das Institut für Asthma- und Allergieprävention (IAP) am Helmholtz Zentrum München leitet. Wer sein Kind in einen Gemüsegarten bringen könne – und sei es mitten in der City –, solle das tun.

Kein Wunder, dass sich die Allergologin begrünte Städte wünscht, in denen Kinder in eine Umwelt voller Biodiversität kommen. Von roher Milch vom Bauernhof rät sie allerdings ab. Auch wenn sie selbst zeigen konnte, dass diese Milch ein fantastischer Fitmacher fürs junge Immunsystem ist – das Risiko gefährlicher Keime ist zu hoch. Die Lösung könnte sein, die „guten“ Mikroben herauszuziehen: Haarfein seziiert Erika von Mutius' Team derzeit den Hausstaub und die rohe Milch, um nur die nützlichen Substanzen rauszufiltern – und zum Beispiel in Lutschbonbons zu verpacken. Oder ein Nasenspray nur mit dem Besten aus dem Kuhstall.

- 
- Wie unser Leben unsere Kinder prägt – Jahre vor der Geburt

Eltern tragen Verantwortung: Stillen schmieren, Nase putzen, Liebeskummer lindern. Was man macht, prägt das Kind. Fürs Leben.

- Das beginnt schon vor der Geburt: Neun Monate lang sind Frau und Fötus fast eins. Wenn die Mutter gut schläft, isst und trinkt, pflegt sie auch das neue Leben in sich. Sogar vor Krankheiten kann sie es schon schützen: Indem sie sich impfen lässt, kann sie auch ihrem Kind eine gewisse Immunität verleihen, bislang empfohlen für Keuchhusten, das Erkältungsvirus RSV und auch die Influenza. Babys grippegeimpfter Mütter erkranken drei- bis viermal seltener als Kinder ungeimpfter Mütter.<sup>1</sup>

Doch sogar vor der Schwangerschaft kann das Leben der Eltern Licht oder Schatten werfen auf das noch nicht gezeugte Kind. Denn die Gene, die wir später vererben, werden beeinflusst von dem, was wir tun und was uns widerfährt – zum Guten und Schlechten. Umwelteinflüsse verändern zwar nicht die DNA-Sequenz, dafür aber den epigenetischen Code, etwa ob Gene aktiv oder stummgeschaltet werden und welche Zellfunktionen klappen oder nicht. Und auch dieser Code wird vererbt.

- So können Krankheiten, die Eltern durchmachen, das Immunsystem ihrer Kinder auf außergewöhnliche Krisen vorbereiten. Das zeigen Kirchenbücher aus dem 18. Jahrhundert aus der kanadischen Provinz Quebec.<sup>2</sup> Innerhalb von zwei Jahrzehnten zogen damals zuerst eine Masern- und dann eine Pockenepidemie durchs Land.

***Bin  
ich  
nur  
ich?***



Kinder, deren Eltern vor der Zeugung an den Masern erkrankt waren, waren im Allgemeinen zwar wesentlich labiler, dennoch überlebten sie die Pockenepidemie 15 Jahre später mit siebenmal höherer Wahrscheinlichkeit als Kinder, deren Eltern die Masern nicht durchgemacht hatten. Die Studienautoren nehmen an, dass die Infektion relevante Gene der Eltern aktiviert und ihr unspezifisches Immunsystem auf eine Welt mit hoher Erregerbelastung hin trainiert hatte – und dass dieser Effekt dann an die Nachkommen weitergegeben wurde. Ähnliche Erkenntnisse gab es in einer Tierstudie: Mäuse, die eine Pilzinfektion durchgemacht hatten, vererbten eine höhere Widerstandskraft gegen spätere bakterielle Infektionen – über mehrere Generationen.<sup>3</sup>

Auch was wir tun und unterlassen, verändert unsere Epigenetik. So treffen wir, streng genommen, schon als Kinder Entscheidungen für unsere Kinder, pflegen unsere Gene, etwa wenn wir nicht rauchen oder uns gesund ernähren. Forschende fanden heraus, dass Rauchen in der frühen Pubertät besonders schädlich für Nachkommen ist.<sup>4</sup> Väter, die vor dem 15. Lebensjahr damit begannen, vererbten an 19 DNA-Stellen epigenetische Veränderungen, die Asthma und Fettleibigkeit begünstigen – weit mehr als Väter, die viel später begannen.

Die Zigarette mit 12 schadet also nicht nur der eigenen Gesundheit. Sie prägt unsere Kinder. Jahrzehnte vorm Stillen-Schmierem.

<sup>1</sup> Universität Utah in Salt Lake City, 2016

<sup>2</sup> Max-Planck-Institut für demografische Forschung, Rostock, und London School of Economics and Political Science, 2014

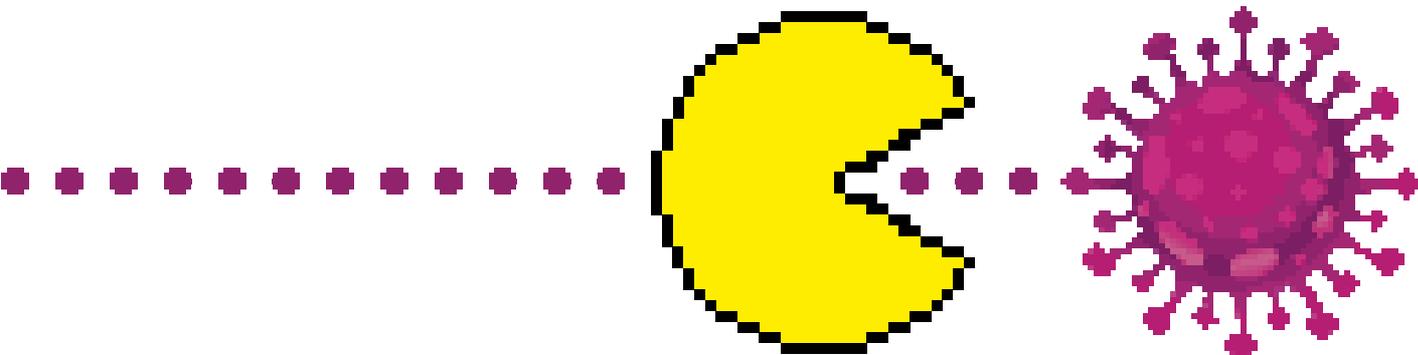
<sup>3</sup> Radboud University Medical Center, Nijmegen, und LIMES-Institut der Universität Bonn, 2022

<sup>4</sup> University of Southampton und University of Bergen, 2023



Der eine ist viralen Erregern auf der Spur, der andere kämpft gegen Computerviren.

**DR. MARTIN STÜRMER**, Virologe und Leiter des IMD-Labors in Frankfurt/Main, trifft **AMIR HOSH**, Cybersicherheitsexperte aus Regensburg.



*Herr Stürmer, welches Virus bereitet Ihnen derzeit am meisten Sorgen?*

**STÜRMER:** Ich mache mir aktuell Gedanken über die Vogelgrippe. Sie hat das Potenzial, auf den Menschen überspringen. Es gibt erste Hinweise auf die Vermehrung in Säugetieren, da kann uns ein gehöriger Kracher drohen. Und wer weiß, was im Tierreich noch schlummert.

*Herr Hosh, welches Virus ist es bei Ihnen?*

**HOSH:** Bei mir sind es die Erpressungstrojaner, die sich darauf spezialisiert haben, in ein System einzudringen und Daten zu verschlüsseln. Dann wird dem Opfer die Pistole auf die Brust gesetzt: „Entweder Sie zahlen uns eine Menge Geld oder wir vernichten oder veröffentlichen Ihre Daten.“

*Ähneln sich diese Angriffe von biologischen Viren und Computerviren?*

**STÜRMER:** Nun, erstmal sind beide

Meister der Tarnung, richtig, Herr Hosh? Viren wie SARS-CoV-2 heften sich beispielsweise an Rezeptoren an der Zelloberfläche, indem sie sich als „natürliche“ Moleküle oder Signalstoffe verkleiden – und kommen so in die Zelle. Andere Viren verstecken sich innerhalb von Zellen oder Geweben und schlummern in Nervenzellen lange vor sich hin, bevor sie zuschlagen.

**HOSH:** Ja, die Strategie Tarnen und Verstecken nutzen auch Erpressungstrojaner: Firmen bekommen beispielsweise vermeintliche Bewerbungen, die in Wirklichkeit Schadsoftware sind. Während der Personaler den Text an seinem Rechner liest, stellt der Schadcode eine Verbindung zwischen seinem Rechner und dem Rechner des Angreifers her, um weiteren Code herunterzuladen. So werden möglichst viele Rechner im System infiziert. Wenn der Angreifer findet, dass es genug sind, schlägt er zu und verschlüsselt alle auf einmal. Das kann dann die ganze Firma

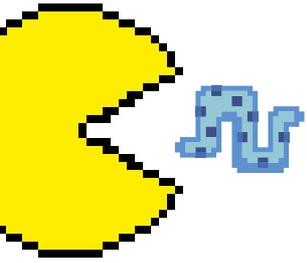
lahmlegen. Man geht davon aus, dass inzwischen jedes vierte Unternehmen in Deutschland mit solchen Trojanern erpresst worden ist. Und jedes zweite hat bezahlt.

**STÜRMER:** Wie hoch sind solche Erpressersummen?

**HOSH:** Das geht in die Millionen. Die derzeit weltweit gefährlichste Erpresserbande Lockbit hat vom Chiphersteller TSMC 70 Millionen Euro gefordert. Oft orientieren sich die Erpresser am Umsatz des Unternehmens. Die Forderung ist gerade so hoch, dass sie auch gezahlt werden kann.

*Welche Strategien nutzen biologische und Computerviren noch, um ein System auszutricksen?*

**STÜRMER:** Die ständige Veränderung. Grippeviren etwa wandeln ihre Oberflächenproteine kontinuierlich, so dass sie der Körper trotz früherer Infektion nicht mehr erkennt; deshalb gibt es ja jedes Jahr eine Überprüfung und



gegebenenfalls Anpassung des Grippe-Impfstoffs.

**HOSH:** Diese Veränderungsstrategie beherrschen Computerviren auch, vielleicht sogar besser. Manche verändern sogar während ihres Angriffes ihre Struktur, um das Antivirus-Programm zu täuschen.

**STÜRMER:** Ein bisschen wie Corona ... SARS-CoV-2 hat ja damals binnen Monaten immer wieder neue Varianten hervorgebracht. Das ging auch deshalb so schnell, weil quasi die gesamte Weltbevölkerung als Wirt bereitstand. Viren produzieren eine enorme Flut an Nachkommen und haben beim Kopiervorgang nahezu keinen Korrekturmodus. Selbst wenn 99,99 Prozent der Nachkommen Schrott sind, bleiben genügend Viren übrig, die als neue Variante besser funktionieren können als zuvor. Auch aktuell sehen wir diesen Anpassungsprozess bei SARS-CoV-2 durch Auftauchen neuer Varianten.

### *Apropos Corona: Wann werden virale Infektionen zu einer bedrohlichen Weltlage – warum zum Beispiel sorgen Sie sich wegen der Influenza-Viren?*

**STÜRMER:** Genau wegen besagter Mutationen. Je schneller Viren mutieren, umso besser können sie die Abwehrmechanismen des Körpers umgehen. Influenzaviren haben in der Vergangenheit mehrfach Pandemien ausgelöst, etwa die Spanische Grippe im Jahr 1918, die Asiatische Grippe 1957 oder die Schweinegrippe von 2009.

*Liegt die eigentliche Gefahr in der hohen Infektiosität dieser Erreger oder an der Art, wie wir leben, oder an beidem?*

**STÜRMER:** Die hohe Variabilität von Viren aufgrund ihrer hohen Mutationsrate ermöglicht es ihnen, sich schnell an neue Umgebungen anzupassen. Wir Menschen sorgen zusätzlich dafür, dass es den Viren leichter gemacht wird, den Wirt zu wechseln, indem wir teilweise einen sehr engen Kontakt mit den Tieren haben – etwa auf Tiermärkten oder in Zuchtfarmen – und immer weiter in die Lebensräume der Tiere vordringen. Auch unsere hohe Mobilität hat da einen sehr großen Anteil.

*Herr Hosh, wie ist das in der IT? Wird Malware immer ausgefuchster? Oder wird unsere Gesellschaft immer digitaler – und es gibt einfach mehr Einfallstore für Schadsoftware?*

**HOSH:** Sowohl als auch. Einerseits haben wir ein Katz- und Mausspiel zwischen Angreifer und Verteidiger: Der Virusschutz wird mit steigender Rechenkapazität und stärkeren Algorithmen immer besser. Gleichzeitig werden aber auch Angriffe komplexer, schlauer und besser – und spielen gezielt auch die Schwachstelle ‚Mensch‘ aus: Da liegt beispielsweise ein USB-Stick im Park mit der Aufschrift „Urlaubsbilder 2024“. Sobald man ihn in den Rechner steckt, installiert sich das Virus. Oder Hacker tarnen sich als externe Dienstleister und fragen in Firmen, ob sie mal kurz den USB-Stick in einen Firmen-

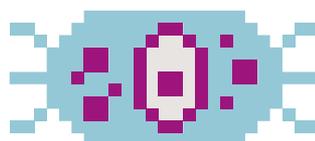


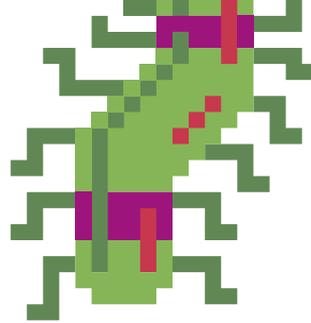
rechner stecken können. Gleichzeitig haben wir immer mehr Einfallstore durch die fortschreitende Digitalisierung: Drucker funktionieren nicht mehr ohne Netzwerke, smarte Türschlösser oder Staubsaug-Roboter haben keine Chance ohne Internet. Mittlerweile sind ja sogar Getränkeautomaten mit dem Netz verbunden.

*Wie können wir uns vor Viren aller Art schützen?*

**STÜRMER:** Der Mensch kann viel über vernünftiges Verhalten erreichen, etwa durch Händewaschen oder Impfschutz. Unsere angeborene Abwehr ist ständig aktiv, wie eine Art Firewall. Die nächste Stufe ist die adaptive Abwehr, sozusagen das Antivirusprogramm. Sie springt übrigens direkt an, wenn durch vorherigen Kontakt oder eine Impfung das „Gedächtnis“ des Immunsystems für den jeweiligen Erreger trainiert ist.

**HOSH:** Eine Firewall kann in der IT immer nur ein Teil des Schutzes sein. Sie schirmt ein Firmennetz vom Internet ab und lässt nur jene Pakete rein, die gutwillig sind. Vergleichbar mit unserer Hautschicht, die uns vor äußeren Einflüssen schützt. Die nächste Stufe ist das Antivirus-Programm, das aktiv wird, wenn wir uns bereits infiziert haben – das ähnelt schon eher unserem Immunsystem. Der dritte Faktor ist aber die Sensibilisierung der Mitarbeitenden. Wir setzen auf eine mehrschichtige Sicherheitsstrategie nach dem Prinzip einer Zwiebel: Fällt ein Teil aus, greift ein anderer ein.





**Wenn Sie auf die deutsche Wirtschaft blicken – die jährlich um die 200 Milliarden Euro Schaden durch Cyberangriffe erleidet – was empfehlen Sie?**

**HOSH:** Dann muss ich erst einmal eine harte Diagnose treffen: Im Bereich Cybersecurity sind wir chronisch krank. Ich sage das nur ungern, aber Deutschland hinkt dem Stand der Technik etwa acht bis zehn Jahre hinterher. Immer mehr Unternehmen werden gehackt und können sich davon nicht erholen. Das Bewusstsein für die Gefahr, die hier lauert, wächst nur langsam.

Es geht ja nicht nur darum, dass Lösegeldforderungen Firmen in den Ruin treiben oder sensible Daten offenlegen. Auch Kläranlagen und Atomkraftwerke können gehackt werden, Züge können entgleisen oder kollidieren – das reinste Schreckensszenario.

**Herr Stürmer, wie resilient ist unsere Gesellschaft gegenüber gefährlichen Viren?**

**STÜRMER:** Damit sich ein Virus effektiv in der Gesellschaft verbreiten kann, muss es eine hohe Wahrscheinlichkeit für eine Übertragung geben. Oft machen hoch pathogene Viren ihren Wirt so krank, dass dieser wenig Chancen hat, andere Menschen anzustecken. Allerdings haben wir am Beispiel von SARS-CoV-2 gesehen, dass ein Erreger mit moderater Pathogenität durchaus in der Lage ist, eine Gesellschaft stark in Mitleidenschaft zu ziehen. Umso

wichtiger ist es daher, geeignete Präventionsstrategien zu nutzen, um effektiv und schnell reagieren zu können.

**Auch wenn das Leben kein Spielfilm ist, was siegt am Ende: das Gute oder das Böse?**

**HOSH:** Die Guten haben alles zu verlieren, die Bösen hingegen können fast nur gewinnen. Ein Angreifer muss nur einmal mit einer Attacke durchkommen, dann kann er viel Geld machen. Die Gefahr, geschnappt zu werden, ist sehr gering. Unsere Behörden kommen nicht hinterher, Angreifer zur Verantwortung zu ziehen, und wenn Letztere im Ausland leben, kommen sie erst recht nicht an sie heran. Also eher eine bittere Wahrheit als ein Happy End.

**Besiegen wir dann wenigstens die Bio-Viren, Herr Dr. Stürmer?**

**STÜRMER:** Bis heute haben wir als Menschheit jede Welle an Infektionskrankungen überstanden, seien es die Pest im Mittelalter, die Spanische Grippe nach dem Ersten Weltkrieg oder die Pandemien der Gegenwart. Insofern besteht begründete Hoffnung, dass die biologischen Viren, und auch Bakterien, uns nicht besiegen werden. Allerdings dürfen wir die Hände nicht in den Schoß legen, sondern müssen aktiv daran arbeiten, Übertragungen aus dem Tierreich effektiv zu minimieren und uns trotzdem präventiv auf neue Pandemien einzustellen. Dazu gehört auch eine adäquate Forschung und Entwicklung von Impfstoffen, antiviralen Medikamenten und Antibiotika.

**DR. MARTIN STÜRMER** leitet das IMD-Labor in Frankfurt und ist Dozent für Virologie an der Goethe-Universität Frankfurt am Main. Neben den Aufgaben eines Laborleiters sind die Forschungsschwerpunkte seiner Arbeit HIV, Hepatitis B und die Untersuchung von Infektionsketten bei viralen Erregern.



**AMIR HOSH**, Gründer und Geschäftsführer der DriveByte GmbH, berät Firmen im Bereich Cybersicherheit. Außerdem ist Hosh Dozent für Informationssicherheit an der Hochschule Neu-Ulm.





***Na,  
lecker  
Apfelsine?***



Lieber nicht?

Haben wir  
uns gedacht.

Der Ekel hält Sie davon ab. Er ist Ihrem körperlichen Immunsystem als eine Art Immunsystem des Verhaltens vorgelagert. Genauso wie Wut oder Angst sorgt Ekel dafür, dass Sie die innere Abwehr erst gar nicht anwerfen müssen. Man spart sich Erbrechen, Durchfall und Infektionen, schont Nieren, Leber und Herz.

Wovor man sich ekelt, wird erlernt. Babys und Kleinkinder stecken sich noch alles in den Mund, auch die Apfelsine links. Wird einem Kind nach dem Konsum von etwas schlecht, entwickelt es meist Ekel davor – selbst wenn die Übelkeit andere Ursachen hatte. Zudem erfährt es mit der Zeit je nach Kultur, was es verabscheuen soll. In Deutschland isst man Mett, auf den Faröer verkohlte Schafsköpfe, in China Tausendjährige Eier.

Dabei ist das sogenannte behaviorale Immunsystem, also das Verhaltensimmunsystem, derart alarmistisch, dass es auch warnt, wenn es nichts zu fürchten gibt: Wieso sollte man sich etwa vor einer Suppe ekeln, die mit einem fabrikneuen Kamm umgerührt wurde? Unser Verstand sagt: Unsinn. Unser Ekel ruft: Vorsicht, Haare!

Der Ekel, das Immunsystem des Verhaltens, kann übrigens auch unser eigentliches Immunsystem anwerfen: Allein der Anblick widerlicher Bilder kann zu Herpes simplex und der erhöhten Ausschüttung des Stresshormons Cortisol führen. Und bei manchen Testpersonen führte schon der Anblick kranker Menschen dazu, dass ihre weißen Blutkörperchen mehr entzündungsfördernde Zytokine produzierten.

**Gucken Sie also nicht zu lange  
auf die Apfelsine.**

Die *zwei* anfordern  
und regelmäßig lesen?  
Hier kostenlos registrieren:



#### Impressum

**Herausgeber** – Pfizer Pharma GmbH

**Gesamtverantwortung** –  
Carolin Crockett

**Redaktion** – Henning Hesse, Janik Jürgens,  
Jan Rübel, Klaus Wilhelm, Kirsten Wörnle

**Redaktionsbeirat** – Dr. Guido Kastner,  
Dr. Christian Petrik

**Lektorat** – Dr. Sonja Schneider,  
Dana Haralambie

**Gestaltung und Realisierung** –  
Bohm und Nonnen,  
Büro für Gestaltung GmbH

**Fotografien** – Hitdelight/Shutterstock (S. 1);  
Jes2u.photo/Shutterstock (S. 4f); privat (S. 9);  
Virchow Foundation (S. 21); Paco Navarro/  
Tetra Images/LLC/Alamy Stock Foto (S. 22f);  
privat (S. 29); New Africa, Ines Behrens-  
Kunkel/Shutterstock (S. 32)

**Illustrationen** – Silke Beneke/midjourney  
(S. 2f, 14f); Andrew Rae (S. 6f);  
Delphine Korth (S. 10f); Steven Dohn (S. 16f);  
Silke Bachmann (S. 18f); Patrick Rosche  
(S. 24f); PERFECT\_VECTORS, VectorPixel-  
Star, N.Ptashka/Shutterstock (S. 26f);  
OnlyFOOD/Shutterstock (S. 30)

**Druck** – Pinsker Druck und Medien GmbH

**Kontakt** – *zwei*, Carolin Crockett,  
Pfizer Unternehmenskommunikation,  
Friedrichstraße 110, 10117 Berlin,  
E-Mail: Carolin.Crockett@pfizer.com

[www.pfizer.de/zwei-magazin](http://www.pfizer.de/zwei-magazin)  
[www.landdergesundheit.de](http://www.landdergesundheit.de)

*zwei* erscheint in deutscher Sprache. Alle  
Rechte sind vorbehalten. Namentlich ge-  
kennzeichnete Beiträge geben nicht in jedem  
Fall die Meinung des Herausgebers wieder.  
Nachdruck und elektronische Verbreitung  
von Artikeln, auch auszugsweise, sind nur  
mit Genehmigung der Redaktion möglich.



### ***Wussten Sie, dass Rosen Stacheln haben und Kakteen Dornen?***

*Nicht, wie Sie vielleicht dachten, andersrum? Denn Stacheln sind nur Auswüchse  
der Pflanzenhaut und, wie bei der Rose, leicht abbrechen.*

*Dornen dagegen sind tief mit der Pflanze verwachsen und waren mal was anderes,  
die der Kakteen etwa waren mal Blätter. Neben ihren Spitzen haben Pflanzen  
noch so manch anderes Tool entwickelt – um am schwachen Ende  
der Nahrungskette zu bestehen: Die Tomate bildet Klebstoff gegen Läuse,  
die Nessel brennt mit Saft, und Tabak vergiftet Fressfeinde mit Nikotin.*

*Wenn ihnen Schädlinge zu Leibe rücken, können Pflanzenzellen ihre Wände verstärken,  
die Virus-RNA zerlegen, andere Zellen warnen oder gar sich selbst abtöten.*

*Die pflanzliche Abwehr ist eine koordinierte zelluläre Anstrengung.*