

DIE ZEIT
DOCTOR

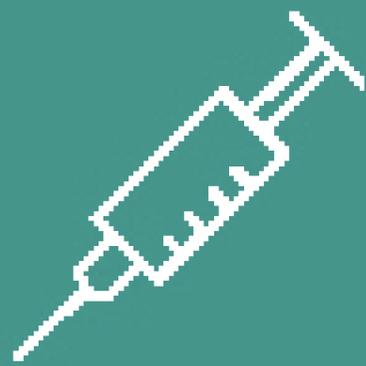
SCHWERPUNKT

Impfen und Immunsystem



NA, GUT GESCHÜTZT?

Der Körper hat eine clevere Abwehr.
Mit vielen Krankheitserregern wird er gut alleine
fertig. Aber manchmal braucht er Hilfe.
Eine Anleitung zur Verteidigung



Innovation hat man uns eingeimpft: Seit 1898.

Neben einer Vielzahl von Therapeutika erforschen und entwickeln wir seit mehr als 100 Jahren auch Impfstoffe. Impfstoffe und Therapeutika können Menschen auf der ganzen Welt helfen, gesund zu bleiben und es zu werden. Nach über 30 Jahren erfolgreicher Zusammenarbeit mit Sanofi Pasteur vertreiben wir unsere Impfstoffe in Europa ab 2017 wieder unter dem Namen MSD.

Erfahren Sie mehr auf: www.msd.de



Texte Christian Heinrich und Lea Wolz

Ein stabiler Schild: Lassen sich die Abwehrkräfte stärken?

Ohne martialische Begriffe kommt keine Beschreibung des Immunsystems aus: Da ist von Fresszellen und Killerzellen die Rede, die sich auf feindliche Eindringlinge stürzen, von Immunzellen, die ständig im Körper patrouillieren und in koordinierten Abwehrreihen stehen. Und all das, damit der Mensch die ständigen Mikrobenangriffe aus der Natur übersteht. Das Immunsystem ist tatsächlich sehr schlagkräftig – und gilt zu Recht als Wunderwerk der Evolution. Es ist der Garant für unser langes Leben. Verständlich, dass viele Menschen da gerne nachhelfen würden. Aber geht das? Und wenn ja, wie?

Es mag etwas defensiv klingen, doch wichtig ist vor allem erst einmal, das Immunsystem nicht zu schwächen. Ausreichend schlafen wäre ein Anfang. »Im Schlaf schüttet das Gehirn Botenstoffe aus, die das Immungedächtnis positiv beeinflussen«, sagt Manfred Schedlowski, Verhaltensimmunbiologe am Uni-Klinikum Essen. Dabei kommt es auf die Tiefschlaf- und REM-Schlaf-Phasen an. Es ist daher wichtig, längere Zeit am Stück zu ruhen. Besonders profitiert dann die adaptive Abwehr. Sie fahndet nach fremden Erregern und passt ihre Strategie an. Sie lernt im Schlaf und setzt nachts die Produktion von Immunzellen in Gang, um den Körper gezielt gegen die neuen Feinde zu wappnen.

Bei Schlafmangel wird dieser heilsame Ablauf gestört. Das erklärt, warum Impfungen weniger effektiv sind, wenn man in den Wochen danach zu wenig schläft – denn auch das Impfen setzt solche Lernprozesse im Körper in Gang (siehe Seite 42). Wer mehrere Tage hintereinander weniger als sechs Stunden schläft, ist Studien zufolge auch anfälliger für Erkältungen und andere Infektionen.

Eine Ausrede dafür, ständig im Bett zu bleiben, ist das aber nicht: »Bei den meisten Menschen liegt das notwendige Maß an Schlaf bei sechs bis neun Stunden. Regelmäßig mehr zu schlafen bringt nichts fürs Immunsystem«, sagt Manfred Schedlowski.

Ein weiteres Pflegemittel ist Sport. Bei körperlicher Anstrengung produzieren die Muskelzellen Eiweiße, die Entzündungen entgegenwirken. Zwar kann die Abwehr während der Anstrengung kurz schwächeln, weshalb es bei einem akuten Infekt sinnvoller ist, sich etwas zu schonen. »Ansonsten aber stärkt regelmäßiger Sport ganz klar das Immunsystem«, sagt Schedlowski.

Wer nicht gern joggt oder Fußball spielt, hat durchaus Alternativen: Gesundheitswissenschaftler aus Tokio fanden heraus, dass auch Waldspaziergänge wirken. Nach einem Tag im Wald steigt die Anzahl



der Killerzellen um 50 Prozent. In Japan hat sich deshalb der Begriff *shinrin yoku* (»Waldbaden«) etabliert. Auch Yoga und Meditation wirken günstig. Studien deuten darauf hin, dass beides, regelmäßig ausgeübt, die Menge der Abwehrzellen steigert und das Risiko senken kann, sich zu erkälten. Das liegt vermutlich daran, dass die Übungen Stresshormone reduzieren, die auf Dauer Entzündungen im Körper fördern würden. Was anhaltendem Stress entgegenwirkt, hilft offenkundig auch der Abwehr.

Im Grunde geht es im Alltag gar nicht darum, das Immunsystem über das normale Niveau hinaus zu stärken – das gelingt bestenfalls mit Impfungen. Der Beitrag, den wir tagtäglich leisten können, besteht darin, unsere Abwehr nicht bei der Arbeit zu stören. Etwa mit dem beliebten Glas Wein zur Entspannung: Alkohol lähmt die weißen Blutkörperchen regelrecht, die ein zentraler Teil des Immunsystems sind.

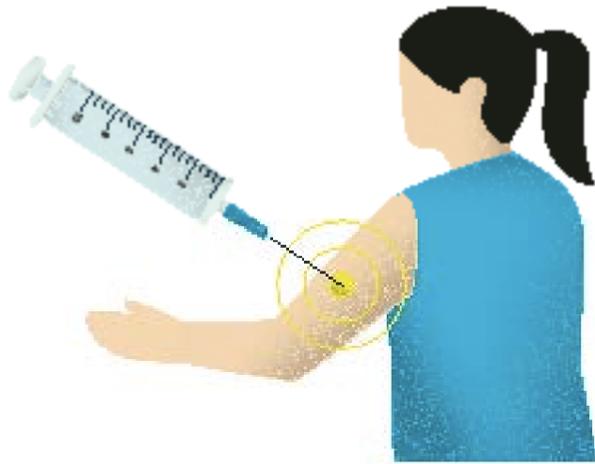
Wer maßvoll trinkt, viel schläft und sich bewegt, schützt die Abwehr jedenfalls besser, als wenn er auf Verdacht alle möglichen Dinge einnimmt, wie Zink und Vitamin C. »Es gibt zahllose Studien, aber keine klaren Hinweise, dass Zink und Vitamin C wirklich helfen. Und wenn es einen Effekt gäbe, dürfte der gering ausfallen«, sagt Thomas Kamradt, Immunologe am Uni-Klinikum Jena. Supplemente kann man sich also sparen. Weit nützlicher wären Stoßlüften und Händewaschen: Dadurch haben es die Erreger schwerer, sich überhaupt einzunisten. —

Titelillustration: Alessandro Cottardo; Grafiken: Pia Bublitz

LEBEN | ZEIT | GESUNDHEIT | 119

Klar, Sport ist gesund, ebenso wie ausreichend Schlaf oder Spaziergänge in der Natur. Doch wie all das im Detail auf das Immunsystem wirkt, verstehen Wissenschaftler erst seit jüngster Zeit. Wir können einiges für die Abwehr tun – oder sie behindern

Lektionen fürs Immungedächtnis: Wie wirken Impfungen auf den Körper?



Es ist ein Piks in den Arm, er dauert nur wenige Sekunden, doch seine Wirkung kann den Körper über Jahrzehnte vor Erregern schützen: Impfungen gelten als eine der größten Errungenschaften der Medizin. Krankheiten, die Millionen Menschenleben forderten, wie einst die Pocken, sind heute gebannt. Impfen ist so effizient, weil es auf das körpereigene Immunsystem setzt. Das Einzige, was es braucht, ist ein Impuls von außen.

Der Impfstoff, der über eine Spritze meist in das Muskelgewebe injiziert wird, weist Merkmale auf, die typisch sind für die **Erreger**, gegen den er schützen soll. Wenn bei einer Impfung abgetötete Bakterien oder Viren injiziert werden – oder auch nur Bruchteile von ihnen –, ist ein sogenannter Totimpfstoff im Gebrauch. Damit wird etwa gegen Polio, Influenza und Hepatitis A geimpft. Andere Impfstoffe bestehen aus abgeschwächten Erregern, die nicht mehr in der Lage sind, eine Krankheit auszulösen. Solche »Lebendimpfstoffe« nutzt man zum Beispiel gegen Mumps, Masern und Röteln.

Der Mechanismus, den Impfungen in Gang setzen, ist immer derselbe: **Fresszellen**, die zum

körpereigenen Abwehrsystem gehören, nehmen die Stoffe auf und zerlegen sie in kleine Stücke. Diese weisen ein typisches Muster des Erregers auf – das sind bestimmte Moleküle an der Oberfläche, vergleichbar einem Barcode im Supermarkt. Sobald die Fresszellen mit den feindlichen Stücken fertig geworden sind, präsentieren sie dieses Muster an ihrer eigenen Zelloberfläche. Sie signalisieren damit anderen Immunzellen: »Seht her, so sieht der Gegner aus, den ich gerade zerlegt habe.« Zugleich dient das Signal als Bestellung: Die anderen Zellen sollen nach dieser Bauanleitung eine Spezialwaffe herstellen.

Prompt reagieren die **T-Helferzellen** und veranlassen die Reifung neuer Immunzellen, die wiederum **Antikörper** produzieren. Sie sind speziell gegen den Erreger gerichtet: Sollte er später wieder in den Körper eindringen, werden die Antikörper ihn erkennen und außer Gefecht setzen. Nach einer Art Schlüssel-Schloss-Prinzip docken sie an den Erregern an und verkleben diese miteinander. So entsteht ein bewegungsunfähiger Klumpen, der als Müll von weiteren Abwehrzellen entsorgt wird.

Dieser Mechanismus läuft ständig im Körper ab, nicht nur bei Impfungen; wann immer wir mit einer größeren Menge an Erregern konfrontiert sind, werden Antikörper gebildet. Sie zirkulieren jahrelang im Körper und bilden unser Immungedächtnis.

Der Schutz einer Impfung hält in manchen Fällen ein Leben lang, oft müssen Impfungen jedoch alle zehn oder zwanzig Jahre aufgefrischt werden – das richtet sich auch nach der individuellen Stärke des jeweiligen Immunsystems (siehe Seite 44). Die weitverbreitete Vorstellung, dass lediglich Kinder geimpft werden müssen, ist falsch.

Dass das Immunsystem nach einer Impfung zunächst Alarm schlägt, ist normal: Bei knapp zehn Prozent der Fälle macht sich das bemerkbar. Zu diesen Impfreaktionen gehören eine Rötung oder Verhärtung der Einstichstelle, Kopfschmerzen, Gliederschmerzen, Müdigkeit sowie erhöhte Temperatur. Sie sind meist nach wenigen Tagen verschwunden. —

GLOSSAR

Erreger: in diesem Fall Viren und Bakterien. Während Bakterien eigenständige Organismen sind, die aus einer Zelle bestehen, sind Viren bloß Erbmaterial, das von einer Hülle umgeben wird. Beide greifen Körperzellen an. Viren sind etwa bei Grippe oder Hepatitis am Werk, Bakterien unter anderem bei der Diphtherie.

Fresszellen: Sie zählen zu den weißen Blutkörperchen, können Eindringlinge zerstören und verletztes Gewebe verdauen. Haben sie einen Erreger gefunden, umzingeln sie ihn im Schwarm.

T-Helferzellen: Sie setzen einen Notruf ab, wenn Erreger den Körper angreifen. Dazu schütten sie Botenstoffe (Zytokine) aus, die das Immunsystem aktivieren und Zellen mobilisieren, die gegen die Erreger vorgehen. Das T steht für Thymus: ein Organ im Brustkorb, in dem diese Zellen gebildet werden.

Antikörper: kleine Eiweißmoleküle, die jeweils auf bestimmte Erreger spezialisiert sind. Sie passen wie maßgeschneidert zur Oberfläche des Erregers, docken an und schalten ihn aus.

MYTHOS ODER WAHRHEIT? DREI ARGUMENTE VON IMPFEGNERN

1. Impfkritiker sagen, Infektionen seien gut für die Entwicklung, ein gesunder Körper werde allein damit fertig. Stimmt das? Infektionen sind ein Training fürs Immunsystem. Der Körper kämpft ständig mit Erregern, er bildet Antikörper und im Laufe der Jahre ein umfassendes immunologisches Gedächtnis. In einigen Fällen spricht jedoch alles dafür, ihm bei der Abwehr zu helfen und ihn mit einer Impfung vorzubereiten. Beispiel Masern: Es stimmt zwar, dass die meisten Gesunden mit der Infektion fertigwerden. Aber auch ein stabiles Immunsystem kann mal angeschlagen sein und in Bedrängnis geraten, etwa wenn es gleichzeitig gerade mit einer dicken Erkältung kämpft. 10 bis 20 Prozent der Masern-Patienten kommen mit schweren Komplikationen wie Lungen- oder Gehirnentzündung ins Krankenhaus. Mitunter bleibt dann ein schwerer Schaden, wie eine geistige Behinderung, zurück. Einer von 1000 Patienten stirbt an Masern. Das relativ hohe Risiko lässt sich mithilfe einer Impfung fast auf null reduzieren. Auch Grippe kann gefährlich werden: Da das Immunsystem im Alter weniger leistungsfähig und zugleich oft durch chronische Erkrankungen gefordert ist, kann eine Infektion mit Grippeviren dann ebenfalls schwerwiegende Folgen haben.

2. Kritiker sagen, Impfungen können Allergien auslösen. Was ist da dran? Die Zahl der Allergien ist in den Industrieländern deutlich angestiegen – ebenso wie die Impfrate. Manche vermuten da einen Zusammenhang. Sie führen Untersuchungen an, denen zufolge Kinder aus anthroposophisch orientierten Familien seltener allergische Ekzeme haben. Tatsächlich wurden diese Kinder seltener geimpft als andere. Doch sie wurden auch anders ernährt, bekamen seltener Antibiotika und lebten weniger häufig in einem Elternhaus mit Rauchern. Erfahrungen aus der ehemaligen DDR weisen sogar in die gegenteilige Richtung: Dort waren damals fast alle Kinder geimpft, zugleich gab es aber kaum Allergien. Erst nach der Wende nahm die Allergierate in Ostdeutschland zu, während gleichzeitig die Impfquoten sanken. »Es gibt keinerlei seriöse Anhaltspunkte dafür, dass Impfstoffe

die Entwicklung von Allergien fördern«, fasst Thomas Kamradt, Direktor des Instituts für Immunologie am Universitätsklinikum Jena, den Stand der Forschung zusammen. Wer allerdings bereits allergisch gegen Substanzen ist, die begleitend in den Impfstoffen enthalten sind, kann in den ersten 30 Minuten nach der Impfung einen allergischen Schock erleiden, der unbehandelt lebensgefährlich ist. Die Wahrscheinlichkeit dafür ist extrem gering, ein solcher Fall tritt bei einer von 1,2 Millionen Impfungen auf – und kann in der Regel sofort medizinisch behandelt werden.

3. Enthalten Impfstoffe giftige Substanzen wie Aluminium und Quecksilber? Wie bei Lebensmitteln gibt es in Impfstoffen Zusätze. Sie machen diese haltbarer oder verstärken ihre Wirkung. Es werden in der Regel Aluminiumsalze zugegeben, und Aluminium kann unter anderem negativ auf die Knochenentwicklung und die Fortpflanzung wirken. Allerdings kommt es hier auf die Dosis an: Das Europäische Arzneibuch empfiehlt einen Aluminiumgehalt von maximal 1,25 Milligramm pro Impfdosis, die in Europa zugelassenen Impfstoffe liegen mit 0,125 bis 0,82 Milligramm weit darunter. Zudem nimmt der Mensch täglich Aluminium zu sich, vor allem über die Nahrung. So sammeln sich im Laufe des Lebens ungefähr 35 Milligramm Aluminium im Körper an – bei einer durchschnittlichen Zahl von Impfungen tragen diese dazu lediglich etwa 0,5 Milligramm bei. Ebenso in der Kritik stand Thiomersal. Das ist eine Quecksilberverbindung, die über Jahrzehnte als Konservierungsmittel in Impfstoffen enthalten war. Es bestand die Sorge, dass Thiomersal Autismus auslösen könne. Forscher haben diesen Verdacht aber in zahlreichen Studien vollständig ausgeräumt. Zudem wird auch Quecksilber in deutlich größeren Mengen aus der Nahrung aufgenommen, insbesondere aus Fisch. Trotzdem haben die Hersteller von Impfstoffen reagiert: Heute gibt es kein Thiomersal mehr in den Impfstoffen, die in Deutschland zugelassen sind. Eine Ausnahme bildet lediglich eine kleine Gruppe von Influenza-Impfstoffen, die als Notreserve für Katastrophenfälle vorgehalten werden. —

Wer Impfungen ablehnt, bringt seine Argumente oft lautstark vor. Das Thema ist emotional aufgeladen, häufig spielen Ängste um die Gesundheit der Kinder eine Rolle. Doch die Hysterie ist sachlich unbegründet

Ich bin nicht wie du: Warum ist das Immunsystem nicht bei jedem Menschen gleich effektiv?



Die Entwicklung des Immunsystems beginnt mit einem Glücksspiel. Der Lotterie der Gene. »Mit welcher Ausstattung wir geboren werden, ist sehr bedeutsam für die Grundstärke unserer Abwehr«, sagt Manfred Schedlowski, Verhaltensimmunbiologe am Uni-Klinikum Essen. Diese individuelle Ausgangslage prägt das Immunsystem ein Leben lang. Im Laufe der Jahre wird es dann von vielfältigen Einflüssen weiter geformt – je nachdem, wo man lebt und mit wem man in Kontakt kommt. Das Immunsystem ist bei jedem Menschen einzigartig. Es profitiert daher auch unterschiedlich gut von Impfungen.

Zu den formenden Faktoren für dieses System gehören zahlreiche, harmlose Keime in der Umgebung. Sie wirken vom Kleinkindalter an wie ein Trainingscamp für die Abwehr. Mehrere Studien haben die Annahme bestätigt, dass es Kindern nicht schadet, im Dreck zu spielen, sondern dass es sie stabilisiert. Im vergangenen Jahr zeigte eine Langzeituntersuchung, erschienen im Fachmagazin *Pediatrics*: Kindergartenkinder, die an schmutzigen Fingernägeln kauten oder am Daumen lutschten, hatten Jahrzehnte später seltener Allergien als der Durchschnitt der Bevölkerung.

Auch die Bakterien, die in unserem eigenen Körper siedeln, haben Einfluss auf das Immunsystem. Forscher sind ihnen erst in jüngster Zeit auf die Spur gekommen. Nach ihren Erkenntnissen

stellen Darmbakterien Stoffwechselprodukte her, mit denen sie die Entwicklung von Immunzellen steuern.

Geschlechtshormone spielen ebenfalls eine Rolle bei der Krankheitsabwehr. Testosteron etwa aktiviert Gene, die eine Immunantwort eher unterdrücken. Da Männer viel mehr von diesem Hormon in ihrem Körper haben, leiden sie beispielsweise häufiger und stärker als Frauen unter Lungenentzündungen. Für Impfungen hat das Geschlecht immerhin keine Bedeutung. Wohl aber wirkt sich das Alter auf die Wirksamkeit von Impfungen aus.

Denn auch das Immunsystem ist Alterungsprozessen unterworfen. Die Körperzellen teilen sich weniger schnell. Damit sinkt die Anzahl der Immunzellen, und auch deren Aktivität lässt etwas nach. Die Abwehr ist zudem weniger flexibel: »Die Breite des immunologischen Repertoires nimmt ab. Die vielen Infektionen im Lauf des Lebens lassen Zellen besonders dominant werden, die einen bestimmten Erreger erkennen – auf Kosten anderer Immunzellen, die zufällig noch nicht so gefragt waren, weil man vom Kontakt mit manchen Keimen verschont geblieben ist«, sagt Christian Bogdan, Immunologe der Uni-Klinik Erlangen. Das Immunsystem ist dann zwar Experte für jene Erreger geworden, die es besonders gut kennt. Gegen neue Feinde kann es sich jedoch nicht mehr optimal wappnen.

Das macht sich zum Beispiel bei der Influenza-Impfung bemerkbar, die Jahr für Jahr auf neue Viren ausgelegt ist. Sie wird gerade für ältere Menschen empfohlen, doch mehr als 30 Prozent der Geimpften über 65 erreichen nicht die nötige Zahl an Antikörpern im Organismus, um wirklich immun zu sein. Trotzdem raten Fachleute Älteren zur Impfung, denn vieles spricht dafür, dass eine Grippe bei Geimpften wenigstens etwas leichter verläuft.

Auch bei einem bereits angeschlagenen Immunsystem wirken Impfungen weniger gut, akute Infekte etwa können die Immunantwort beeinträchtigen. Viele Gründe können also dazu beitragen, dass nicht jeder Mensch nach einer Impfung hundertprozentig immun ist. Bei Babys schlagen sogar fünf Prozent der Masern-Impfungen zunächst nicht an. »Offenbar kann der Impfstoff das Immunsystem nicht immer auf Antrieb verlässlich stimulieren«, sagt Christian Bogdan. Aus diesem Grund bekommen die Babys in der Regel sicherheitshalber eine zweite Impfung gegen Masern.

Doch selbst wenn ein kleiner Teil der geimpften Personen nicht immun wird: Solange die Impfquote in der Bevölkerung insgesamt hoch genug ist, erkranken auch sie nicht so schnell – weil um sie herum so viele Menschen immun sind. —

Manche Menschen werden selten krank, andere hüten ständig das Bett.

Das liegt nicht nur am Lebensstil. Wie gut das eigene Immunsystem funktioniert, hat mit Faktoren zu tun, die wir nicht beeinflussen können

Einer für alle, alle für einen: Wen schützt eine Impfung?



Eine Impfung dient oft nicht nur dem, der sie bekommt. Bei ansteckenden Krankheiten, die sich in der Bevölkerung verbreiten können, schützt sie auch die Allgemeinheit. Je mehr Menschen geimpft sind, desto schwerer hat es ein Virus oder Bakterium, sich zu verbreiten. Die Geimpften können nicht mehr angesteckt werden und bilden eine Art Mauer, an der die Erreger abprallen. Dieser sogenannte Herdenschutz ist wichtig für all diejenigen, die sich nicht impfen lassen können – weil sie krank sind oder noch zu klein.

Die Impfung gegen Keuchhusten etwa wird ab dem zweiten Lebensmonat empfohlen. Zuvor ist das Neugeborene im schlimmsten Fall ungeschützt. »Der Säugling muss sich darauf verlassen, dass die Menschen um ihn herum den Erreger nicht weitergeben«, sagt Christian Bogdan, Leiter des Instituts für Klinische Mikrobiologie, Immunologie und Hygiene an der Uni-Klinik Erlangen. Ungeimpfte oder nicht mehr ausreichend geschützte Eltern, Geschwister und Großeltern sind eine Gefahr. Denn Keuchhusten verläuft bei Babys im ersten Lebensjahr oft schwer und kann lebensbedrohlich sein.

Zwar werden mütterliche Antikörper über die Plazenta an das Ungeborene übertragen – deshalb dienen frühere Impfungen einer werdenden Mutter auch dem ungeborenen Kind. Dieser Nestschutz ist aber nicht umfassend und nicht von Dauer.

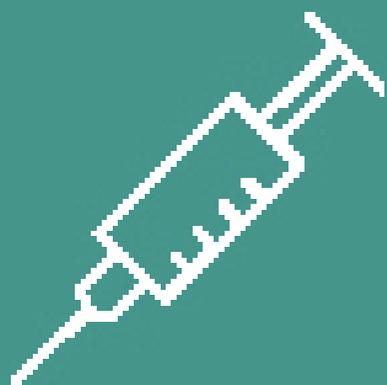
Eine andere Gruppe, die es zu schützen gilt, sind Kranke, die nicht geimpft werden können. Dazu zählen laut Bogdan Patienten, die hohe Dosen Kortison oder eine Chemotherapie erhalten. Sie dürfen keine Lebendimpfstoffe bekommen, wie sie etwa in Impfungen gegen Masern, Mumps und Röteln, Rotaviren oder Gelbfieber enthalten sind. Ihr Immunsystem ist so stark heruntergefahren, dass es möglicherweise nicht in der Lage ist, das lebende Virus zu kontrollieren. Totimpfstoffe sind in dieser Hinsicht unbedenklich, manchmal aber wirkungslos, wenn das Immunsystem zu schwach ist.

Der Herdenschutz funktioniert jedoch nur, wenn möglichst viele mitmachen. Andernfalls wird die Mauer löchrig. Krankheiten, die fast verschwunden waren, können zurückkehren, wie etwa der Masernausbruch in Berlin 2014 zeigte. Um Masernviren keine Chance zu geben, müssten 95 Prozent der Bevölkerung geimpft sein. Zwar entscheiden sich nur wenige Eltern bewusst gegen eine Impfung. Doch zusammen mit denjenigen, die verunsichert sind oder schlichtweg vergessen, ihren Impfschutz auffrischen zu lassen, werden sie zu potenziellen Überträgern. Damit wackelt das ganze System.

Impfungen sind Opfer ihres eigenen Erfolges: Treten Krankheiten wie Kinderlähmung, Diphtherie oder Masern nicht mehr mit Wucht auf, tendieren wir dazu, ihre Gefährlichkeit zu unterschätzen. Was oft vergessen wird: Die Erreger sind noch vorhanden. Diphtherie ist auf dem indischen Subkontinent, in Indonesien und einigen Ländern Afrikas verbreitet. Auch die Kinderlähmung ist nicht ausgerottet: Nigeria, Pakistan und Afghanistan melden immer wieder Fälle. Hierzulande sehen wir die Krankheiten nur nicht, weil dagegen geimpft wird. —

IMPRESSUM

Herausgeber-Beirat: Andreas Sentker, Andreas Lebert, Prof. Dr. Dr. Alexander Kekulé (wissenschaftliche Beratung) **Chefredakteur:** Giovanni di Lorenzo
Redaktionsleitung: Claudia Wüstenhagen **Kreativdirektor:** Andreas Lebert **Art-Direktion:** Wiebke Hansen **Chefin vom Dienst:** Iris Mainka
Redaktion: Corinna Schöps (geschäftsführend) **Autoren:** Dr. Christian Heinrich, Lea Wolz **Bildredaktion:** Jutta Schein (kommissarisch verantw.), Andy Heller (fr. Mitarbeit) **Korrektur:** Thomas Worthmann (verantw.) **Dokumentation:** Mirjam Zimmer (verantw.) **Herstellung:** Torsten Bastian (verantw.), Oliver Nagel **Druck:** Prinovis Ahrensburg GmbH **Anzeigen:** DIE ZEIT, Matthias Weidling (Gesamtanzeigenleitung), Natalie Senden
Empfehlungsanzeigen: iq media marketing, Michael Linke **Anzeigenpreise:** Sonderpreisliste Nr. 1 vom 1.1.2017 **Verlag und Redaktion:** Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH und Co. KG, Helmut-Schmidt-Haus, Buceriusstraße, Eingang Speersort 1, 20095 Hamburg, Telefon: 040/32 80-0, E-Mail: doctor@zeit.de, Website: www.zeit.de/doctor



Erreger sind forsch. Wir sind Forscher.

Neben einer Vielzahl von Therapeutika erforschen und entwickeln wir seit mehr als 100 Jahren auch Impfstoffe. Impfstoffe und Therapeutika können Menschen auf der ganzen Welt helfen, gesund zu bleiben und es zu werden. Nach über 20 Jahren erfolgreicher Zusammenarbeit mit Sanofi Pasteur vertreiben wir unsere Impfstoffe in Europa ab 2017 wieder unter dem Namen MSD.

Erfahren Sie mehr auf: www.msd.de

