



Robert Koch-Institut
Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung



DAS IMPFBUCH FÜR ALLE

Mit Beiträgen von

Dr. med. Eckart von Hirschhausen



DAS IMPFBUCH FÜR ALLE

VORWORT

Dieses Thema geht unter die Haut. Und es betrifft uns alle.

Alle weltweit. Alle in Deutschland. Und alle in Ihrer Familie. Nie zuvor wurde so viel und so intensiv übers Impfen gesprochen wie in der COVID-19-Pandemie. Und niemals zuvor wurden so viele Menschen in so kurzer Zeit geimpft wie in der COVID-19-Impfkampagne.

Mit jeder neuen Nachricht stellen sich dabei neue Fragen – bestimmt auch Ihnen. Welcher Impfstoff? Wann? Warum? Oder warum nicht? Viele erwarten sehnsüchtig ihren Impftermin. Einige haben Zweifel an der Impfung. Und oft auch beides zusammen.

Mit diesem Buch wollen wir Sie in dieser Situation unterstützen. Es enthält solides Grundwissen zum Impfen auf einen Blick. Kostenlos, damit auch alle die Chance haben, es zu lesen. Mit einem guten Begleitangebot digital, damit es auch alle finden. Geholfen hat uns dabei Deutschlands bekanntester Arzt und Wissenschaftsjournalist, Eckart von Hirschhausen. Er hat sich seit Beginn der Pandemie mit seinen Dokumentarfilmen und Beiträgen für die Aufklärung stark gemacht, als Beobachter auf einer Intensivstation oder als Teilnehmer an

einer Impfstudie. Seine persönlichen Erfahrungen und seine Sicht zum Thema Impfen bringt er gerne in den Kommentaren in diesem Buch ein.

Klar, wir beim Robert Koch-Institut und bei der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung krempeln die Ärmel hoch. Denn wir finden Impfen wichtig und wir freuen uns darauf, den Alltag zurückgewinnen zu können. Wie Sie persönlich zum Impfen stehen und ob Sie sich impfen lassen, ist und bleibt allein Ihre Entscheidung. Wir wollen dazu beitragen, dass Sie diese Entscheidung so gut informiert wie möglich treffen.

Ihr Impfbuch-Team

INHALT

Vorwort	3
Impfforschung – der Wettlauf	6
Ein Virus, viele Impfstoffe	8
Resistenzen und Mutanten	13
Die nächsten Impfstoffe für die nächsten Krankheiten	15
Impfstoffe gegen Krebs?	20
COVID-19-Impfung – was in mir geschieht	23
Wie Impfen funktioniert	25
Welche Impfstoffarten es gibt	29
Wie der Körper auf die Impfung reagiert	33
Was wir über Nebenwirkungen und Spätfolgen (nicht) wissen	35
Impfgeschichte – was bisher geschah	39
Von Pocken bis Diphtherie	41
Von Polio bis Masern	44
Von AIDS bis Krebs	48
Von Grippe bis Corona	52
Impfkonflikte – was mit unserer Gesellschaft passiert	57
Muss ich mich impfen lassen?	59
Wer hat etwas davon, wenn ich mich impfen lasse?	64
Was passiert, wenn ich mich nicht impfen lasse?	68
Wie die Ausnahmesituation zu Ende geht	71
Glossar	75
Informieren Sie sich hier weiter	77



1

Impf-
forschung –
der
Wettlauf



Manchmal ist es ein Marathonlauf. Bei den Pocken hat es fast zwei Jahrhunderte gedauert vom ersten Impfstoff bis zur endgültigen Ausrottung. Manchmal ist es ein Sprint. Gerade mal ein Jahr nach dem Ausbruch von COVID-19 wurden bereits die ersten Impfstoffe dagegen zugelassen.

Und manchmal ist es wie das Rennen zwischen Hase und Igel. Beim Grippevirus zum Beispiel, wo es immer und immer wieder neue Varianten und Mutanten gibt, sodass jedes Jahr neue Impfstoffe entwickelt werden müssen, die teilweise schon wieder veraltet sind, wenn sie auf den Markt kommen. Auch bei Coronaviren könnte nach dem Sprint ein Hindernislauf kommen. Aber die Impfforschung ist dafür gut gerüstet.

Ein Virus, viele Impfstoffe

Noch nie in der Geschichte der Menschheit wurden so viele Impfstoffe gleichzeitig entwickelt, erprobt und zugelassen wie in den ersten 12 Monaten der COVID-19-Pandemie. Insgesamt waren Anfang Mai 2021 bereits 14 verschiedene Impfstoffe gegen COVID-19 in mindestens einem Staat der Welt zugelassen. Mehr als 200 weitere Impfstoffe befanden sich im Entwicklungsstadium – einige davon mit guten Aussichten auf baldige Zulassung, andere weit davon entfernt.

Dass zu ein und derselben Krankheit parallel mehrere Impfstoffe entwickelt werden, ist durchaus normal. An Impfstoffen gegen Kinderlähmung beispielsweise arbeiteten seit den 1930er Jahren mehrere Forschungsteams. Auch als 1955 der erste Impfstoff zugelassen wurde, gingen die Forschungen weiter – und das sogar in einer Kooperation zwischen sowjetischen und US-amerikanischen Virologen. 1957 begannen die klinischen Studien zur Wirksamkeit dieses Impfstoffs, 1960 wurde er als Schluckimpfung erstmals zugelassen. In der 1981 begonnenen Suche nach einem AIDS-Impfstoff wurden bereits mehrere Dutzend Kandidaten geprüft, allerdings noch ohne durchschlagenden Erfolg.

Aber dass gegen ein Virus hunderte Impfstoffe gleichzeitig entwickelt und getestet werden, ist etwas ganz Besonderes. Das ist ein Ausnahmezustand, wie es ihn vor dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie noch niemals gab.

Das Virus-Genom im Internet

Dass sich so viele Impfstoff-Forschernde weltweit ans Werk machten, liegt natürlich vor allem daran, dass es sich um eine weltweit zuschlagende Pandemie handelt, die das Leben von Millionen Menschen gefährdet und das von Milliarden Menschen beeinträchtigt. Aber das enorme Tempo, in dem die

Forschenden dabei loslegen konnten, verdanken wir zu einem guten Teil Yong-Zhen Zhang. Zhang, damals 54 Jahre alt, ist Virologe an der Fudan-University in Shanghai. Am 3. Januar 2020 hatte er von Kolleginnen und Kollegen aus Wuhan eine Probe eines neuen, dort aufgetretenen Virus bekommen. Innerhalb weniger Tage hatte er mit seinem Team das komplette Genom dieses Virus entschlüsselt – und am 10. Januar dieses Genom ins Netz gestellt. Frei zugänglich für jede und jeden, sodass alle Forschenden in aller Welt damit beginnen konnten, nach einem Impfstoff für das neuartige Coronavirus zu suchen. Und viele taten genau das.

Impfstoffentwicklung übers Wochenende

Der 10. Januar 2020 war ein Freitag. Am Montag, den 13. Januar, hatte eine bis dahin weitgehend unbekannte US-Firma namens Moderna bereits ihren Impfstoff designt; die ersten Tests für die Zulassung konnten beginnen. Eine Woche später wurde in den USA eine neue Expert:innenkommission eingesetzt, die sich voll auf die Testung neuer Impfstoffe und Medikamente für COVID-19 konzentrieren würde. Am Ende jener Woche, am Freitag, den 24. Januar 2020, beschlossen die Gründer der ebenfalls weitgehend unbekanntenen Firma Biontech in Mainz ihre gesamten Forschungskapazitäten auf die Entwicklung eines COVID-19-Impfstoffs zu konzentrieren. Hätte Yong-Zhen Zhang vor der Veröffentlichung des Virus-Genoms erst seine Vorgesetzten um Erlaubnis gefragt, hätte die gesamte Impfstoffentwicklung wohl erst Monate später beginnen können.

Auf der Beschleunigungsspur

Weil weltweit Millionen von Menschen mit COVID-19 infiziert worden sind, haben überall Staaten und Behörden die Prüfverfahren beschleunigt – unter anderem indem Prüfschritte, die sonst nacheinander durchgeführt werden, sich

überlappen. Auch die komfortabelste Beschleunigungsspur würde nichts bringen, wenn niemand darauf fährt. Aber das war bei den COVID-19-Impfstoffen praktisch von Beginn an anders. Forschende in aller Welt waren daran interessiert, solche Impfstoffe zu entwickeln; Staaten in aller Welt waren daran interessiert, solche Forschungen zu unterstützen; und neue Technologien halfen dabei, dass diese Forschungen schnell zu Ergebnissen führten.

Ein Fußballspiel dauert 90 Minuten. Eine Schwangerschaft dauert 9 Monate. Gras wächst nicht schneller, wenn man daran zieht. Was passiert mit Impfstoffen, wenn man den Prüfprozess beschleunigt? Eine definitive Antwort darauf wird sich erst geben lassen, wenn die COVID-19-Impfkampagne abgeschlossen ist. Die vorläufige Antwort lautet: Die Beschleunigung ging nicht auf Kosten von Sicherheit und Wirksamkeit. Bei allen in der EU zugelassenen Impfstoffen haben die Ergebnisse aus dem letzten klinischen Teststadium (Phase 3) ein sehr gutes Verhältnis zwischen Nutzen und Risiken gezeigt. Wenn ein Impfstoff von der EU zugelassen wurde, bedeutet das, dass er nach allen Kriterien, die für die EU gelten, geprüft wurde und als sicher und wirksam gilt. Wenn ein Impfstoff nicht zugelassen ist, bedeutet das hingegen noch lange nicht, dass er unsicher oder unwirksam wäre – sondern möglicherweise nur, dass für diesen Impfstoff noch nicht genügend Daten für eine Zulassungsprüfung vorliegen oder dass kein Zulassungsantrag in der EU gestellt wurde. Letzteres gilt beispielsweise für den in Indien eingesetzten Impfstoff COVAXIN.

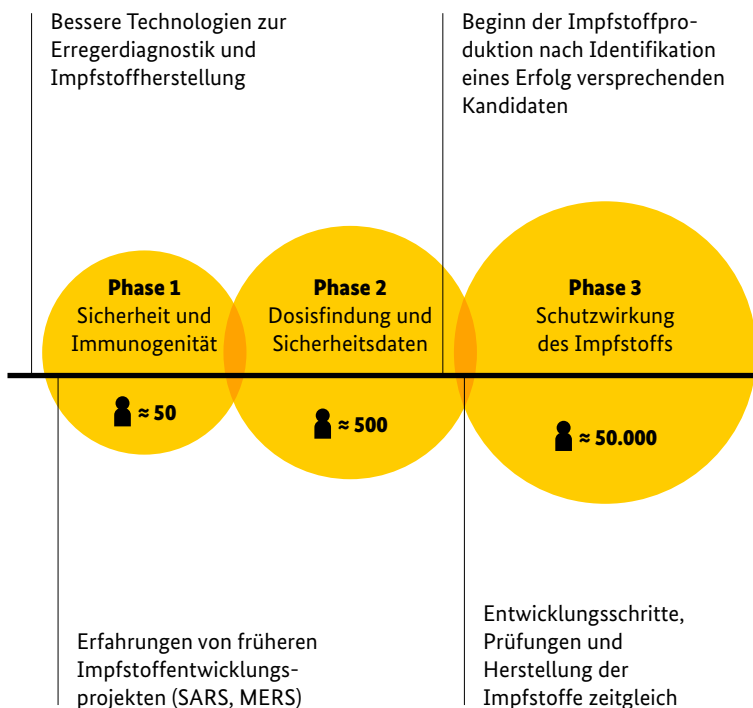
Qualitätswettbewerb

Theoretisch könnte es mit der Vielzahl möglicher Impfstoffe unübersichtlich und chaotisch werden. Praktisch sind die bestehenden Systeme der medizinischen Forschung aber gut

dazu geeignet, aus einer großen Menge von Kandidaten die besten herauszufiltern. Dafür sorgt in erster Linie der mehrstufige Prozess der Zulassung. In die Phase 3, in der ein Impfstoff an freiwilligen Testpersonen geprüft wird, kommt nur ein Impfstoff, der alle anderen Hürden genommen hat. Dazu kommt der Qualitätswettbewerb nach der Zulassung.

Der Weg zur Zulassung

Klinische Phasen der Impfstofftestung



 Testpersonen/Probanden



Es gibt keine falschen Fragen

Impfen ist kein neues Thema, auch für mich nicht. Als ehemaliger Arzt in der Kinderheilkunde erinnere ich mich noch sehr gut an die Gespräche mit Müttern und Vätern. Jede erdenkliche Frage zum Impfen wird irgendwann von besorgten Eltern gestellt – zu Recht. Besser man fragt und zweifelt vorher, um sich gut informiert entscheiden zu können. Deshalb bin ich gerne bei diesem Buch dabei – als »Randerscheinung«. Denn ich sehe mich als Vermittler zwischen der Welt der Medizin und Wissenschaft und den Menschen, für die das Ganze Sinn machen soll. Sie können meine persönlichen Kommentare lesen – müssen aber nicht. Da sind Sie so frei wie beim Impfen.

Nicht alle zugelassenen Impfstoffe haben das gleiche Wirkungsprofil – und die Eigenschaft kann sich auch je nach Situation ändern: In akuten Phasen einer Pandemie wird die Impfung mit der höchsten Wirksamkeit im Vorteil sein – in einer Phase, in der es eher um Vorbeugung geht, eher eine Impfung mit besonders geringen Nebenwirkungen. In tropischen Regionen wird ein Impfstoff besser geeignet sein, der nicht gekühlt werden muss. Wo die Menschen schlecht zur Impfstelle kommen, ist ein Impfstoff besser, der schon nach einmaliger Gabe guten Schutz bietet.

Und selbst wenn es schon wirksame und sichere Impfstoffe gegen eine Krankheit gibt – können sie jederzeit durch Impfstoffe ersetzt werden, die noch besser funktionieren. Je einfacher es also wird, neue Impfstoffe zu erforschen, desto besser.

Resistenzen und Mutanten

Es gibt Fälle, da hat unser Immunsystem ein Elefantengedächtnis. Wenn es einmal festgestellt hat, dass es Gräserpollen nicht mag, hat man sein Leben lang jedes Frühjahr Heuschnupfen. Bei einigen Impfungen hingegen schwächt das Immungedächtnis. Die Menge der schützenden Antikörper, die durch die Impfung erzeugt wurden, nimmt ab. Beim Immunsystem verblasst mit der Zeit die Erinnerung, dass es da schon einmal einen Impfschutz gab.

Wenn Impfschutz vergessen wird

Dieses Vergessen passiert dabei nicht von einem Tag auf den anderen. Es verhält sich eher so wie bei einer Sprache, die man in der Schule gelernt hat und danach nicht mehr verwendet. Als junger Mensch konnte man sich vielleicht noch ganz passabel auf Französisch unterhalten, aber wird man Jahre später erstmals wieder auf Französisch angesprochen, wird es eine Weile dauern, bevor man sich wieder damit zurechtfindet – wenn man überhaupt wieder den Einstieg findet. Und je weiter der letzte Kontakt mit der Fremdsprache zurückliegt, desto schwieriger wird es, wieder hineinzukommen und sich differenziert auszudrücken.

Manche Impfungen, beispielsweise gegen Masern, Röteln oder Gelbfieber, bieten einen länger anhaltenden Schutz. Bei ihnen verhält es sich eher so wie beim Schwimmen oder Fahrradfahren: einmal gelernt, kann man es kaum wieder verlernen.

So wie man immer wieder mal seine Fremdsprachenkenntnisse auffrischen sollte, wird auch bei Impfungen mit schwächer werdendem Schutz eine regelmäßige Auffrischung empfohlen – bei Diphtherie und Tetanus alle zehn Jahre, bei Keuchhusten einmal im Erwachsenenalter. Doch während die Impftermine für Kinder sehr gut eingehalten werden,

werden Auffrischungen von Erwachsenen weit schlampiger gehandhabt: Ein Viertel der über 18-Jährigen in Deutschland ist nicht mehr ausreichend gegen Tetanus geimpft und nur noch ein Zehntel ist immun gegen Keuchhusten.

Wenn Viren mutieren

Manchmal hilft dem Immunsystem auch das beste Gedächtnis nicht. Nämlich dann, wenn ein Virus sich durch eine Mutation so verändert, dass die Antikörper es nicht mehr erkennen. Nicht jede Mutation eines Virus verringert den Impfschutz, aber bei einigen ist eben durch einen Zufall irgendein Teil des Virusgenoms so verändert worden, dass die bisherigen Impfstoffe schlechter oder gar nicht mehr dagegen helfen.

Mutationen kommen in der Natur ständig vor – bei Viren und Bakterien, bei Menschen, Tieren und Pflanzen. Die allermeisten davon verschwinden wieder, weil sie die Überlebenschancen des Organismus verschlechtern oder sie bleiben bedeutungslos, weil sie keinen Unterschied machen. Nur wenn eine Mutation die Überlebenschancen verbessert, wird sie sich ausbreiten, die vorherige Variante nach und nach zurückdrängen oder sich völlig durchsetzen.

Wenn eine Mutation bei Krankheitserregern die Überlebenschancen verbessert, bedeutet das, dass sie wiederum unsere Lage als Menschen verschlechtern. Bakterien werden durch Mutationen resistent gegen Antibiotika, Viren werden durch Mutationen resistent gegen Impfstoffe. Oder sie werden ansteckender oder sie können auf andere Lebewesen als Menschen übertragen werden oder alles zusammen.

Geradezu berüchtigt für ihre Mutationsfreudigkeit sind die Grippeviren, die wie der Igel in der Fabel dem Hasen namens Impfstoffentwicklung immer wieder eine Nasenlänge voraus ist. Kein anderes Virus verändert sich auch nur annähernd so schnell und so drastisch wie das Grippevirus – auch nicht die Coronaviren, obwohl bei ihnen sehr viel von Mutationen

berichtet wird. Durch die millionenfache Verbreitung in aller Welt kommen auch bei COVID-19 viele Mutationen vor und einige von ihnen haben sich als ansteckender erwiesen als der ursprüngliche Typ.

Einige der mutierten Virus-Varianten haben sich dabei so weit verändert, dass sie zumindest eine teilweise Resistenz entwickelt haben und damit die Wirkung einzelner Impfstoffe abschwächen. Noch ist keine Mutation dabei, die alle zugelassenen Impfstoffe ausbremsen würde – aber es ist zumindest theoretisch möglich, dass ein mutiertes Virus gegen alle vorhandenen Impfstoffe resistent ist.

Wenn das passieren würde, könnte sich aus diesem neuen Coronavirus eine neue Bedrohung entwickeln, gegen die wiederum neue Impfstoffe entwickelt werden müssten. Dann würde auch die bisher durch Impfung erworbene Immunität nicht mehr helfen – alle, die sich vor dem mutierten Virus schützen wollen, müssten dann zusätzlich mit einem der neuen Impfstoffe geimpft werden.

Wie gesagt: Bisher sieht es nicht danach aus. Aber wenn es so weit käme, könnten wir davon ausgehen, dass die Impfstoffentwicklung noch schneller und zielgerichteter ablaufen würde als bei der ursprünglichen COVID-19-Pandemie. Schließlich haben auch wir zuletzt viel über Coronaviren gelernt.

Die nächsten Impfstoffe für die nächsten Krankheiten

Für die Impfstoffforschung war 2020 ein Jahr mit Siebenmeilenstiefeln. So intensiv, so vielfältig, so schnell und so weltumspannend ging es in diesem Bereich noch nie voran. Eine ganze Reihe der Erkenntnisse, die beim Kampf gegen das Coronavirus gewonnen wurden, wird in der Folge eingesetzt werden können, um auch für Krankheiten Impfstoffe

und Therapien zu finden, für die bislang noch keine oder nur schlechte Kandidaten zur Verfügung standen.

Ein Ende der unendlichen Grippeimpfgeschichte

Weit oben auf der Wunschliste stehen dabei bessere Grippe-Impfstoffe – oder gar die Entwicklung eines Impfstoffs, mit dem sich alle Grippeviren bekämpfen lassen. Denn bislang muss immer vor der Grippe-saison abgeschätzt werden, welche Viren wohl diesmal besonders gefährlich sein könnten, damit man dann den dazu passenden Impfstoff anbieten kann.

Besser gesagt: vier Wirkstoffe gegen vier verschiedene Grippeviren, denn aus ihnen besteht die Grippe-Impfung der jeweiligen Saison. Praktisch immer dabei ist ein Wirkstoff gegen Viren des H1N1-Typs, da diese besonders häufig und besonders aggressiv sind. In der Saison 2020/21 heißt dieser Wirkstoff »A/Guangdong-Maonan/SWL1536/2019 (H1N1) pdm09«, in der Saison 2017/18 war es



Im Wettlauf

zu wirksamen Impfstoffen arbeiten Forschende und Behörden Hand in Hand, um schnell und gut ans Ziel zu kommen.

noch »A/Michigan/45/2015 (H1N1) pdm09«. Schon die sehr komplizierte Namensgebung deutet auf das Problem der Impfstoffforschenden hin – die Grippeviren mutieren teilweise schneller als wir impfen können.

Das zumindest könnte sich ändern: Mit dem Turbotempo, das bei der Entwicklung von COVID-19-Impfstoffen möglich war, könnten eines Tages Grippe-Impfstoffe auch noch während einer Saison entwickelt werden. Man könnte also beobachten, welche Mutationen tatsächlich gefährlich werden und dann dafür schnell mit einem passenden Impfstoff am Start sein. Ein anderer Forschungsansatz arbeitet mit sogenannten RNA-Bündeln. 4, 8 oder 12 RNA-Stränge in einer Impfdosis könnten so viele Treffer bei verschiedenen Grippeviren erzielen, dass daraus eine dauerhafte Immunität werden kann – zumindest dauerhafter als die bisherigen seasonspezifischen Impfungen.

Zika, Malaria und andere Tropenkrankheiten

Ein besonderes Potenzial ergibt sich darüber hinaus bei Tropenkrankheiten, da viele ihrer Erreger bislang den Anstrengungen der Impfforschung Widerstand leisten. Das gilt unter anderem für Malaria, Dengue-Fieber oder die Schlafkrankheit und das liegt beileibe nicht daran, dass daran nicht geforscht worden wäre. Für Malaria, eine der gefährlichsten und tödlichsten Infektionskrankheiten der Welt, wird bereits seit mehr als 70 Jahren nach einem Impfstoff gesucht. Erst seit kurzem gibt es einen ersten zugelassenen Malariaimpfstoff, genannt RTS,S. Ein erstes vorläufiges Impfprogramm begann 2019 in Ghana, Kenia und Malawi. Allerdings liegt die Wirksamkeit dieses Impfstoffs nur bei etwa 30 Prozent.

Neue Technologien können gerade dort, wo die bisherigen Methoden an ihre Grenzen stoßen, neue Lösungen ermöglichen. So arbeiten Forschende in Chicago an RNA-basierten

Impfstoffen gegen das Dengue-Fieber. Die auf mRNA spezialisierte US-Firma Moderna hatte bereits Impfstoffe gegen Zika und andere von Moskitos ausgelöste Krankheiten in der klinischen Erprobung, als Anfang 2020 alle Kapazitäten auf COVID-19 konzentriert wurden. Früher oder später wird es dorthin zurückgehen.

Grippe: ein Name, viele Viren

Unter dem Namen Grippe oder saisonale Influenza zusammengefasst werden Viren zweier Typen (A und B) mit unzähligen Subtypen. So gibt es mindestens 18 **HA-Untertypen** des A-Virustyps (H wie Hämagglutinin) und mindestens 11 **NA-Untertypen** (N wie Neuraminidase). Meist benennt man diese Viren nach ihrer H- und N-Kombination. Die Spanische Grippe von 1918/20 und die Schweinegrippe von 2009/10 waren beispielsweise beide vom Typ H₁N₁, bei der Vogelgrippe hingegen gibt es die Typen H₅N₁ (seit 1997) und H₇N₉ (seit 2013).

Kann man dem Immunsystem auch etwas abgewöhnen?

Neue Technologien können auch zu Problemlösungen führen, an die man bislang noch überhaupt nicht gedacht hatte. Bei der mRNA-Technologie zeichnet sich das bei zwei medizinischen Problemen ab, für deren Lösung genau das Gegenteil dessen benötigt wird, was bei einer Pandemie gebraucht wird: nämlich bei Allergien und Autoimmunerkrankungen. Denn während es bei Infektionskrankheiten darum geht, dem Immunsystem etwas Neues beizubringen – etwa die Abwehr eines Virus –, möchte man bei Allergien das Immunsystem bremsen oder ihm eine Abwehrreaktion abgewöhnen.

Ein klassischer Impfstoff kann das nicht. Er baut einen Krankheitserreger so weit nach, dass das Immunsystem sich auf ihn einschließen kann. Ein mRNA-Impfstoff hingegen verhält sich anders. mRNA heißt ausgeschrieben »Messenger-Ribonukleinsäure« und kommt in jeder Zelle jedes Lebewesens vor. Sie liefert die Bauanleitung für die Herstellung von Proteinen. Auch Proteine kommen in jeder Zelle vor – im menschlichen Körper gibt es hunderttausende verschiedene.

Die mRNA, die in einem Impfstoff steckt, bringt unsere Körperzellen dazu, ein einzelnes Protein herzustellen. Im Fall der COVID-19-Impfstoffe handelt es sich um ein Protein aus der Hülle dieses Coronavirus, das sogenannte Spike-Protein. Aber theoretisch könnte das Protein, dessen Bauplan ein solches Stück mRNA enthält, auch völlig andere Aufgaben erfüllen, als auf einen Virus hinzuweisen.



Viren können fies sein

Beim Impfen ist man ja eigentlich gesund, soll sich nur für die Zukunft schützen. Aber dafür ein Risiko eingehen? Muss das sein? Bekommt mein Körper das nicht auch ohne Impfen hin? Leider meint die Natur es nicht durchweg freundlich mit uns und gerade hochansteckende Viren können echt fies sein. Dann steht man als Ärztin oder Arzt oft ohnmächtig daneben, wenn es schwere Verläufe gibt von Masern, Hirnentzündungen oder COVID-19. Ich bin sehr froh, dass wir einen Weg gefunden haben, auch Menschen mit schwächeren Immunsystemen oder Vorerkrankungen eine Chance zu geben, sich zu schützen. »Nur die Harten kommen in den Garten« galt lange genug. Ich lebe gerne heute.

Besonders fortgeschritten sind hier die Forschungen bezüglich Multipler Sklerose, einer neurologischen Autoimmunerkrankung, an der allein in Deutschland etwa 200.000 Menschen leiden. Das Immunsystem greift dabei die Nervenbahnen des eigenen Körpers so an, als seien sie Fremdkörper, was unter anderem zu Lähmungen führen kann. Das deutsche Unternehmen Biontech hat nun zusammen mit Forschenden der Universität Mainz ein mRNA-Molekül entwickelt, das (in Tierversuchen an Mäusen) diese Überreaktion des Immunsystems unterdrücken oder sogar rückgängig machen kann. Ob aus diesen Ansätzen tatsächlich eine Therapie für Multiple Sklerose bei Menschen entsteht, wird sich erst in mehreren Jahren zeigen. Im günstigsten Fall, so Biontech-Mitgründer Uğur Şahin, könnten sich daraus auch Therapien für andere Autoimmunkrankheiten wie Diabetes ergeben.

Ob nun mit mRNA- oder anderen Technologien: Als eine der meistverbreiteten chronischen Krankheiten der Welt wäre Diabetes jedenfalls ein äußerst geeigneter Kandidat für die Entwicklung neuer Impfstoffe. Noch besser geeignet wäre die tödlichste Krankheit der Welt: Krebs.

Impfstoffe gegen Krebs?

Die ersten Impfstoffe gegen Krebs gibt es ja bereits – gegen spezielle Arten von Leberkrebs und Gebärmutterhalskrebs, die durch Infektionen verursacht werden. Allerdings beruht nur etwa ein Sechstel aller Krebserkrankungen auf Infektionen. Bei den restlichen fünf Sechsteln waren Impfungen bisher kein Thema. Aber das ändert sich gerade. Denn die mRNA-Technologie, die bei COVID-19 so erfolgreich zum Einsatz kommt, kann weit mehr als »nur« Viren bekämpfen. Die Proteine, deren Bauplan die mRNA enthält, kommen schließlich nicht nur in Viren vor, sondern auch in Zellen.

Auch Krebszellen enthalten Proteine; und weil sie Zellen sind, die eigentlich in unserem Körper nichts zu suchen haben, müsste es auch möglich sein, das Immunsystem gegen sie in Gang zu setzen. Wenn wir Antikörper gegen Tollwut und Masern entwickeln können, warum nicht auch gegen Brustkrebs und Leukämie?

COVID-19-Erkenntnisse helfen der Krebsforschung

Die Frage ist einfach, die Antwort deutlich schwieriger. Denn bei jedem Krebspatienten sind die Krebszellen unterschiedlich. Um sie mit der mRNA-Technologie zu attackieren, müsste man für jede Person einen individuellen mRNA-Impfstoff entwickeln. Man müsste nach einem typischen Protein für diese Krebszellen suchen, müsste dann einen mRNA-Strang konstruieren, der genau dieses Protein erzeugt und diese mRNA dann dieser individuellen Patientin oder diesem individuellen Patienten impfen. Wie bei den COVID-19-Impfungen entwickelt das Immunsystem dann Antikörper gegen dieses Protein – und was bei der Pandemie das Virus bekämpfte, bekämpft dann beim Krebs die Tumorzellen.

Das klingt einerseits nach einem gigantischen Aufwand: für jeden Tumor einen eigenen Impfstoff entwickeln. Andererseits: Wie groß war der Aufwand für das Design des mRNA-Impfstoffs? Die US-Firma Moderna brauchte dafür im Januar 2020 nicht länger als ein Wochenende! Wenn man weiß, auf welches Protein man zielt, ist der Aufwand für die mRNA-Herstellung relativ gering. Und wenn man weiß, wie gut verträglich und geeignet die Impfstoffverpackung dieser mRNA für die jeweilige Patientin oder den jeweiligen Patienten ist, steht der Therapie nichts mehr im Wege. Die Erfahrungen, die Forschende und Behörden bei diesen Themen mit den mRNA-Impfstoffen gegen COVID-19 gesammelt haben, lassen sich sehr gut auf die mRNA-Krebstherapien übertragen.

Solche Krebstherapien stehen nicht nur auf dem Papier, sondern werden bereits getestet. Aktuell werden hierzu klinische Studien unter anderem gegen Brust-, Prostata- oder Hautkrebs durchgeführt. Allerdings wird es wohl noch mindestens fünf Jahre dauern, bevor es in Deutschland eine erste Zulassung für mRNA-Impfstoff gegen Krebs gibt.

Das ist einerseits noch eine lange Zeit – aber andererseits eine große Hoffnung, eine neue, wirkungsvolle Waffe für den Kampf gegen Krebs zu bekommen.

Das Mutanom des Tumors

Bei jeder Krebserkrankung tauchen in den Krebszellen eine ganze Reihe von Mutationen auf. Alle Mutationen zusammengenommen bilden das »Mutanom« eines Tumors. Diese Mutanome unterscheiden sich von Tumor zu Tumor wie Fingerabdrücke bei Menschen: Zumindest theoretisch ergibt sich daraus die Möglichkeit, für jeden Tumor eine individuelle Therapie auf Basis seines Mutanoms zu finden.



2

COVID-19-
Impfung –
was in mir
geschieht



Man kann sich die Vorgänge in unserem Körper wie ein Konzert vorstellen. Das Herz schlägt den Takt, die Organe sind die Instrumente und der Blutkreislauf sorgt dafür, dass alle mit allen verbunden sind und gemeinsam spielen.

Wenn ein Virus eindringt, produziert es, bildlich gesprochen, Töne, die im Körper-Konzert nicht vorgesehen sind. Das klingt schräg wie ein verstimmtes Instrument oder schrill wie eine Tröte, aber jedenfalls unpassend – wie Fremdkörper eben. Wenn diese Fremdkörper sich ungestört vermehren können, wird aus der einen Tröte ein immer schlimmerer, alles über-tönender Lärm. Aber wenn der Ordnungsdienst des Körpers, das Immunsystem, den Störenfried gar nicht erst hineinlässt, kann das Konzert ganz normal weiterlaufen. Und genau das soll durch eine Impfung erreicht werden.

Wie Impfen funktioniert

Warum kann man gegen Viren nicht einfach eine Tablette schlucken? Wie gegen Kopfschmerzen, Bluthochdruck, Sodbrennen und Blasenentzündung? Warum gibt es Antibiotika gegen bakterielle Infektionen, aber keine gegen Virusinfektionen? Es liegt jedenfalls nicht daran, dass unsere Forschenden zu dumm wären – eher daran, dass das Virus zu schlau ist. Obwohl es nicht einmal ein Gehirn hat.

Warum Antibiotika nicht gegen Viren helfen

Bleiben wir noch ein wenig bei dem Bild des Körper-Konzerts. Eine bakterielle Infektion kann man sich dann vorstellen wie eine Truppe von Störern, die das Konzert aufmischen wollen. Sie bringen Unruhe – wir fühlen uns krank. Der Ordnungsdienst, vor allem bestehend aus weißen Blutkörperchen, attackiert die Störer – die meisten Infektionen werden so mit körpereigenen Mitteln überwunden. Aber wenn der Ordnungsdienst mit den eindringenden Bakterien nicht fertig wird, können wir eben die Antibiotika-Polizei alarmieren. Sie kann die Bakterien bekämpfen, indem sie zum Beispiel einen Baustein der Zellwand attackiert, den es nur bei Bakterien gibt, nicht bei menschlichen Zellen.

Bei Viren geht das so nicht. Sie haben keine Zellwand, weil sie keine Zellen sind. Sie vermehren sich nicht selbst, sondern setzen sich in unseren Zellen fest und lassen sich von diesen vermehren. Sie sind zwar Eindringlinge, aber keine, die man so einfach verhaften könnte. Sie sind eher ins Orchester eingeschmuggelte Tröten – welche die betreffenden Musiker:innen nicht nur dazu zwingen, sie zu spielen, sondern auch noch weitere Tröten selbst herzustellen und an die Mitmusiker:innen weiterzugeben. Da hilft auch keine Antibiotika-Polizei. Was hilft stattdessen? Ein besser trainierter, besser vorbereiteter körpereigener Ordnungsdienst.

Bakterien und Viren

Bakterien sind kleine, einzellige Lebewesen, die meisten davon gutartig – wie etwa die ungefähr 100 Billionen Bakterien, die im Darm eines (eines!) gesunden Erwachsenen leben und bei der Verdauung helfen. Manche jedoch können Erkrankungen hervorrufen: Colibakterien, Staphylokokken, Mykobakterien und andere.

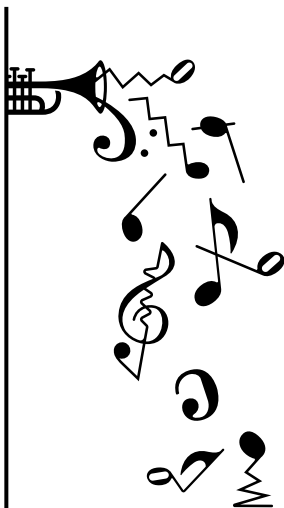
Viren sind relativ kurze Stücke Erbsubstanz, umgeben von einer Hülle. Sie haben keinen eigenen Stoffwechsel und können sich nur in den Zellen anderer Lebewesen vermehren. Dazu dringen sie in die Zelle eines Wirtes ein, zwingen sie dazu, neue Viruspartikel herzustellen und zerstören sie am Ende meistens.

Immunabwehr als Überlebensstrategie

Der Körper, man muss es so sagen, ist konservativ. Sehr konservativ. Was er nicht kennt, das mag er nicht. Und wenn etwas, das er nicht kennt, doch hereinkommt, wird er aggressiv. Sehr aggressiv manchmal. Er wirft die Eindringlinge hinaus, er bringt sie um, er mobilisiert ganze Armeen, um sie wieder loszuwerden. Das machen übrigens praktisch alle Körper so, nicht nur bei Menschen, sondern auch im Tierreich. In den vielen Millionen Jahren der Geschichte des Lebens war das offensichtlich die beste Überlebensstrategie: Alles, was das Funktionieren des Organismus beeinträchtigen könnte, wird abgewehrt. Wenn das klappt, ist die Infektion überwunden. Und das Immunsystem hat im Abwehrkampf Antikörper gebildet, die eine erneute Störung durch die gleichen Misstöne

verhindern sollen – wir sind dagegen immun geworden. Diejenigen Organismen, die neugieriger waren und dem Neuen erst einmal eine Chance gaben, sich zu bewähren, haben sich in der Evolution nicht durchgesetzt.

Unser Gehirn ist übrigens ganz anders: Es ist an allem Neuen interessiert, versucht darin schon bekannte Muster zu erkennen und so das Neue mit dem Bekannten zu verbinden. Aber der Körper ist da eben einfacher gestrickt – und mit ihm haben wir es beim Impfen nun mal in erster Linie zu tun.



Mistöne

Viren stören die Harmonie in unserem Körper. Das Immunsystem versucht, wieder Ordnung herzustellen.

Der Impfstoff als Lehrkraft des Immunsystems

Den Leitgedanken der Impfung hat wohl niemand treffender ausgedrückt als die italienische Reformpädagogin Maria Montessori: »Hilf mir, es selbst zu tun. Zeige mir, wie es geht. Tu es nicht für mich. Ich kann und will es allein tun.« Montessori formulierte damit Anfang des 20. Jahrhunderts, wie das Verhältnis zwischen Lehrenden und Kindern sein sollte; aber dieses Verhältnis entspricht genau dem zwischen Impfstoff und Immunsystem. Denn der Impfstoff selbst macht NICHTS mit den Viren. Er hilft dem Immunsystem, sich gegen die Viren zu verteidigen. Er gibt dem körpereigenen Ordnungsdienst eine Art Fahndungsfoto des Störers, damit er schon beim Hereinkommen abgefangen werden kann.

Wie eine Lehrkraft gibt der Impfstoff dem Körper so viel Informationen über das Virus, dass er schon Antikörper entwickelt, obwohl er noch gar nicht infiziert worden ist. Wie ein/e Sparringpartner:in übt der Impfstoff mit dem Immunsystem, wie es den Kampf gegen das echte Virus am besten führen und gewinnen kann. So gerüstet und trainiert, kann der Körper dann, wenn das Virus tatsächlich angreift, die Attacke abwehren oder ihre Folgen zumindest begrenzen.

Wie schnell und wie stark dieses Training tatsächlich greift, ist von Impfstoff zu Impfstoff und von Mensch zu Mensch unterschiedlich. In den ersten Tagen nach einer Erstimpfung ist noch kein voller Impfschutz aufgebaut, eine Infektion ist also weiterhin möglich. Bei einer Studie mit britischen Klinikbeschäftigten halbierte sich die Zahl der Neuinfizierten in den 12 Tagen nach der ersten COVID-19-Impfung – in den Wochen danach sank dieser Anteil noch deutlich weiter.

Brauchen Kinder keine Kinderkrankheiten?

Das Immunsystem von Kindern muss noch lernen. Krankheitserreger trainieren es – und Impfungen auch. Allerdings ist ihr Training des Immunsystems sanfter und gezielter als die Risiken, die mit den Krankheiten verbunden sind. In Watte packen kann auf Dauer nicht funktionieren. Aber warum sollen Kinder Krankheiten ausgesetzt werden, die einen tödlichen Ausgang haben können, wenn eine Impfung das verhindern kann?

Potenziell kann das Immunsystem für jedes Virus durch einen Impfstoff trainiert werden. Schließlich kann alles, was von außen in den Körper hineinkommt, ein Fall für den Ordnungsdienst sein. Faktisch stoßen wir dabei schnell an

Grenzen. Denn es gibt etwa 3000 verschiedene Viren-Arten und für jede müsste ein spezieller Impfstoff entwickelt werden und oft auch nicht nur einer, weil sich viele dieser Arten so rasant verändern, dass die ursprüngliche Impfung nicht mehr wirkt. Zudem ist jede Impfung auch ein Eingriff in den Körper, also nicht völlig ohne Risiken. Deshalb konzentrieren sich die Impfeempfehlungen auf diejenigen Infektionen, die besonders häufig und besonders gefährlich sind.

Welche Impfstoffarten es gibt

Wie hilft man dem Körper dabei, selbst eine Immunität zu entwickeln? Für dieses »Zeigen, wie es geht« der Montessori-Pädagogik sind in der Impfstoffforschung mehrere Verfahren eingesetzt worden. Zwei grundlegend verschiedene Ansätze waren schon bei Beginn der Impfstoffentwicklung am Start: die Lebend- und die Totimpfstoffe. Zwei weitere Ansätze haben erst in jüngerer Zeit Fahrt aufgenommen: die Vektor- und die bereits vorgestellten mRNA-Impfstoffe. Dabei haben nicht, wie sonst oft in der Forschung, die neuen Technologien die alten verdrängt, sondern alle werden weiterhin parallel angewendet.

Lebendig und tot – die Impfstoffklassiker

Ein **Lebendimpfstoff** enthält geringe Mengen vermehrungsfähiger Krankheitserreger, die jedoch so abgeschwächt wurden, dass sie die Erkrankung nicht auslösen. Trotz der Abschwächung können die Impfviren aber noch sehr gut das Immunsystem anregen. Nach diesem Verfahren funktionieren beispielsweise die Impfstoffe gegen Masern, Mumps oder Röteln. Weil beim Lebendimpfen eine tatsächliche Infektion imitiert wird, hält der Impfschutz länger – bei einigen Impfungen auch lebenslang.

Ein virusbasierter **Totimpfstoff** hingegen enthält nur abgetötete Krankheitserreger, die sich nicht mehr vermehren können. Diese werden vom Körper als fremd erkannt und regen das Immunsystem zur Antikörperbildung an, ohne dass die jeweilige Krankheit ausbricht. Nach diesem Verfahren funktionieren beispielsweise die Impfstoffe gegen Hepatitis A oder Tollwut. Totimpfstoffe und die Antikörper dagegen können schnell abgebaut werden, sodass nach der Erstimpfung wiederholt nachgeimpft werden muss (sogenannte Auffrischungsimpfungen).

Zu diesen Impfstoffklassikern, die auf abgeschwächten oder inaktivierten Erregern basieren, gesellten sich im 20. Jahrhundert als weitere Gruppe die **proteinbasierten Impfstoffe**. Sie enthalten nicht vermehrungsfähige virale Proteine oder virusähnliche Partikel, die eine Reaktion des Immunsystems hervorrufen. Auf dieser Technologie beruhen beispielsweise die Impfstoffe gegen Hepatitis B sowie gegen humane Papillomviren.

Es gibt auch Viren, gegen die sowohl Tot- als auch Lebendimpfungen verwendet werden. Der bekannteste Fall ist die Impfung gegen Polio: Der ursprüngliche Impfstoff von 1955 beruht auf einer Totimpfung; die Schluckimpfung, die 1960 eingeführt wurde, arbeitet mit einem Lebendimpfstoff – und der heute in Deutschland verwendete Polio-Impfstoff IPV ist wiederum ein Totimpfstoff.

Vektor und mRNA – die Impfstoffnewcomer

Von Vektoren haben die meisten vermutlich das letzte Mal im Mathematikunterricht gehört – wenn überhaupt. Beim **Vektor-Impfstoff** handelt es sich aber nicht um höhere Mathematik, sondern eher um eine Art Lieferservice: Einem harmlosen Trägervirus, das an sich nichts mit der Krankheit zu tun hat, gegen die geimpft wird, wird ein Stückchen Genmaterial desjenigen Virus eingebaut, auf das die Impfung

zielt. Bei COVID-19 handelt es sich dabei um einen Bestandteil der Hülle des Erregers, genauer gesagt: dessen Spike-Protein. Dieses Protein kann selbst keine Infektion auslösen, aber es ist fremd genug, um das Immunsystem auf den Plan zu rufen. Das Immunsystem beginnt mit der Produktion von Antikörpern – die dann bereitstehen, falls es zur eigentlichen Virusinfektion kommt. Der Job der Vektor-Viren ist es dabei, die Bauanleitung für das Spike-Protein in einige unserer Zellen hineinzubekommen.

Vor der COVID-19-Pandemie waren weltweit überhaupt erst zwei Vektor-Impfstoffe zugelassen worden: einer gegen Dengue-Fieber und einer gegen Ebola. Bei den Impfstoffen gegen COVID-19 hingegen setzten viele Entwicklerinnen und Entwickler auf Vektoren. Vier der insgesamt 14 Impfstoffe, die Anfang Mai 2021 in mindestens einem Land der Welt zugelassen waren, arbeiten mit der Vektor-Technologie – darunter der Impfstoff von AstraZeneca und der von Johnson & Johnson/Janssen.

Senkrechtstarter mRNA

Ein absoluter Newcomer in der Corona-Pandemie sind **mRNA-Impfstoffe**. Am 2. Dezember 2020 wurde erstmals überhaupt ein derartiger Impfstoff offiziell zugelassen: in Großbritannien der COVID-19-Impfstoff von Biontech und Pfizer. Die mRNA in diesem Impfstoff wandert in winzige Fetttropfchen verpackt in unsere Körperzellen und bringt diese dazu, ein einzelnes Protein des Coronavirus herzustellen. Wie bei den Vektor-Impfstoffen handelt es sich dabei um das sogenannte Spike-Protein. Das Immunsystem identifiziert dieses Protein dann als unbekanntes Eindringling; es beginnt, Antikörper dagegen herzustellen. Und wenn später ein Corona-Virus auftaucht, wird es von diesen Antikörpern gestoppt, bevor es sich ausbreiten kann.

Gegenüber den bisher angewendeten Impfstofftechnologien hat der mRNA-Ansatz zwei Produktionsvorteile: Der Impfstoff kann in sehr kurzer Zeit – ein paar Tagen – designt werden und nach der Zulassung können ebenfalls in sehr kurzer Zeit viele Millionen Impfdosen hergestellt werden. Die klinischen Studien für COVID-19 erbrachten für die mRNA-Impfstoffe von Moderna und Biontech hohe Wirksamkeit und kaum Nebenwirkungen. Auch nach den ersten Monaten im Impfeinsatz und weltweit mehreren 100 Millionen damit geimpften Menschen haben sich die beiden zugelassenen mRNA-Impfstoffe als gute Trainer:innen unseres Immunsystems erwiesen.

In mindestens einem Land zugelassene COVID-19-Impfstoffe

6 virusbasierte Totimpfstoffe	Sinopharm Beijing, Sinopharm Wuhan, Coronavac, (alle China), Covivac (RU) Covaxin (Indien), QazVac (Kasachstan)
4 Vektor- Impfstoffe	Sputnik (RU), AstraZeneca (GB/S), Johnson & Johnson/Janssen (USA/NL), Convidecia (China)
2 proteinbasierte Totimpfstoffe	RBD Dimer (China), Epivac (RU)
2 mRNA- Impfstoffe	Moderna (USA), Pfizer/BioNTech (USA/D)

Stand Mai 2021, Herkunftsland in Klammern, mit EU-Zulassung gelb markiert

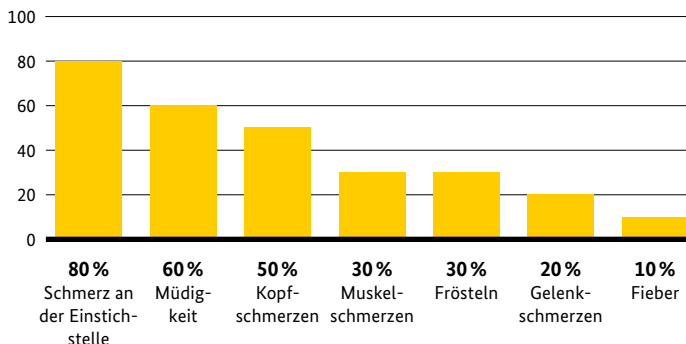
Wie der Körper auf die Impfung reagiert

Egal, welches Verfahren man bei einer Impfung anwendet: Man bringt immer irgendeine Substanz von außen in den Körper ein. Und – auch egal, welches Verfahren: Der Körper SOLL darauf reagieren. Er soll lernen, den Fremdstoff als solchen zu erkennen, er soll sein Immunsystem aktivieren, er soll Antikörper und Abwehrkräfte ausbilden.

Impfreaktionen

Es kann passieren, dass der Körper diese Aktivierung schafft, ohne dass man es merkt. Aber der Regelfall sind deutlich spürbare, sogenannte Impfreaktionen – beispielsweise eine Rötung an der Einstichstelle, Unwohlsein, Fieber, Durst, Abgeschlagenheit in den Stunden oder Tagen nach einer Impfung. Bei den meisten verschwinden diese Reaktionen aber nach spätestens zwei bis drei Tagen wieder: Das Immunsystem muss sich nicht permanent weiter am Impfstoff abarbeiten; es hat sozusagen seine Lektion gelernt.

Häufige Impfreaktionen



Quelle: Robert Koch-Institut. Bezug: COVID-19-Impfung mit mRNA-Impfstoffen

Allergische Reaktionen

Keine Angelegenheit von Tagen, sondern eher von Minuten nach einer Impfung sind in der Regel allergische Reaktionen. Dabei geht es nicht so sehr um Allergien gegen den Wirkstoff selbst, sondern gegen einen der weiteren Bestandteile des gespritzten Mittels. Diese Begleit- oder Hilfsstoffe sollen dabei helfen, den Impfstoff auch dorthin im Körper zu transportieren, wo er seine Wirkung entfalten kann. Bei mRNA-Impfstoffen etwa handelt es sich um Fetttröpfchen, in die der Wirkstoff eingepackt ist, um damit das Zellinnere zu erreichen.

Andere Impfstoffbestandteile, von denen man weiß, dass sie zu allergischen Reaktionen führen können, sind beispielsweise Reste von tierischen Proteinen wie zum Beispiel Hühner-eiweiß, Konservierungsmittel, aber auch Latex-Bestandteile aus den Verschlussstopfen von Impfpumpen.

Bei vielen Allergieauslösern wissen die Betroffenen natürlich Bescheid; wer gegen Äpfel allergisch ist, lässt die Finger davon. Aber bei neuen Impfstoffen kann es durchaus passieren, dass jemand auf einen der Bestandteile allergisch ist, ohne dies vorher zu wissen. So kann etwa einer der Inhaltsstoffe der Fetttröpfchen (Polyethylenglykol) in einigen Fällen zu allergischen Reaktionen führen. Solche allergischen Reaktionen haben dabei nichts mit der eigentlichen Impfwirkung zu tun – so wird Polyethylenglykol auch in vielen Medikamenten verwendet, und könnte auch dort Allergien auslösen.

Aus diesem Grund bleiben nach allen Impfungen die Geimpften noch eine Weile unter Aufsicht. Denn bei einer sehr heftigen allergischen Reaktion, dem sogenannten anaphylaktischen Schock, müssen und können innerhalb kürzester Zeit Gegenmaßnahmen getroffen werden, um das Leben der Betroffenen nicht zu gefährden.



Proband Nummer 20

Vielleicht kennen Sie die Doku »Hirschhausen als Impfproband«, in der ich an einer Zulassungsstudie für einen Impfstoff teilgenommen habe. Sie steht noch in der ARD-Mediathek. Ich war einer von tausenden freiwilligen Testpersonen. Wir sind alle vorher gründlich über mögliche Risiken informiert worden. Eingetreten ist davon bei mir: nichts. Kein Wunder, wie ich inzwischen weiß, gehörte ich durch die Zufallsverteilung zur Kontrollgruppe, die nur ein Scheinmittel bekam, ein »Placebo«. Der echte Wirkstoff steht kurz vor der Zulassung, denn diejenigen, die ihn bekamen, waren besser geschützt als unsere Kontrollgruppe. Genau für so einen Vergleich braucht man Studien. Und Geduld.

Was wir über Nebenwirkungen und Spätfolgen (nicht) wissen

Es gibt Entscheidungen im Leben, bei denen Menschen auch größte Risiken in Kauf nehmen. Wenn es beispielsweise um eine Therapie gegen eine Krebserkrankung geht, werden viele Betroffene angesichts besserer Überlebenschancen bereit sein, ein hohes Risiko schwerer Nebenwirkungen einzugehen. Ähnlich ist es auch bei Operationen: Jede Operation hat ein Risiko, je schwerer die Operation, desto größer das Risiko. Wenn aber eine solche Operation die einzige Überlebenschance ist, werden sowohl die Ärztinnen und Ärzte als auch die Patientinnen und Patienten dazu bereit sein. Die meisten zumindest.

Bei einer Impfung liegt der Fall anders. Denn der Impfling ist meist nicht krank – sondern ein völlig gesunder Mensch. Dieser Mensch will sich vor etwas schützen und er soll seine Mitmenschen dabei mit-

schützen; aber er wird dafür weit weit weniger Risiko in Kauf nehmen als etwa bei einer Krebsoperation. Deshalb werden bei Impfungen auch besonders strenge Maßstäbe bezüglich des Nutzens der Impfung und der Risiken angelegt. Und da in Deutschland Impfungen freiwillig sind (mit einigen Ausnahmen bei der Masernimpfung) kann jede und jeder selbst entscheiden, wie hoch man den Nutzen einer Impfung einschätzt und wie hoch das Risiko. Je besser die Informationen sind, die für diese Entscheidung zur Verfügung stehen, desto fundierter kann diese Entscheidung auch ausfallen.

Nebenwirkungen

Bei den klassischen Impfungen wie zum Beispiel Tetanus oder Masern sind alle Risiken und Nebenwirkungen bis auf die zweite Stelle hinterm Komma bekannt. Viele Millionen oder gar Milliarden von Menschen haben die jeweilige Impfung schon bekommen; was immer dabei passieren kann, ist statistisch gesichert. Beispiel Masern: Etwa 2 von 100.000 Geimpften werden schwere Nebenwirkungen erleiden. Das ist ein Risiko und zwar eins von 0,002 %. Auf der anderen Seite der Überlegung steht ein ebenso statistisch gesichertes Risiko, wenn man sich NICHT impfen lässt: Etwa 100 von 100.000 Erkrankten sterben an Masern (0,1 %), etwa 3000 bekommen eine Lungenentzündung (3 %). Bei neuen Krankheiten (wie COVID-19) und neuen Impfstoffen können gar nicht alle Nebenwirkungen, die auftreten können, zum Zeitpunkt der Zulassung eines Impfstoffs schon bekannt sein. Das betrifft insbesondere extrem seltene Nebenwirkungen, da diese bei den Studien vor der Zulassung in der Regel nicht auftreten. An diesen sogenannten Phase-3-Studien nehmen ein paar tausend oder sogar zehntausend Freiwillige teil – eine Nebenwirkung, die rein statistisch nur in einem von 50.000 Fällen auftritt, taucht deshalb vor der Zulassung vielleicht kein einziges Mal auf.

Natürlich ändert sich die Lage nach der Zulassung, denn dann wird der Impfstoff ja hunderttausenden oder Millionen von Menschen gespritzt. Erst dann können überhaupt äußerst selten auftretende Komplikationen erkannt werden. 2009 gab es einen solchen Fall bei Impfungen gegen die Schweinegrippe: Insgesamt waren gegen dieses Grippevirus fünf Impfstoffe zugelassen worden; bei einem davon, dem Impfstoff »Pandemrix«, traten später Fälle von Narkolepsie auf – nämlich bei je einem von 181.000 geimpften Erwachsenen sowie bei je einem von 18.400 geimpften Kindern. Die Betroffenen leiden unter unkontrollierbaren Einschlafanfällen und häufigen Stürzen.

Auch bei der COVID-19-Impfkampagne zeigt sich eine derartige Nebenwirkung: die Bildung von Hirnthrombosen bei den Impfstoffen von AstraZeneca und Johnson & Johnson. Es ist eine Nebenwirkung, die (Stand Mai 2021) seltener als einmal pro 100.000 Geimpfter auftaucht – aber eine Nebenwirkung, die tödlich sein kann.

In einer solchen Situation ist es wichtig, dass diese Fälle genau untersucht und so gut wie möglich vermieden werden. Deshalb werden gerade in den ersten Monaten nach einer Zulassung Impfstoffe sehr intensiv auf Nebenwirkungen hin beobachtet. Die Verantwortung dafür liegt in Deutschland beim Paul-Ehrlich-Institut, dem Bundesinstitut für Impfstoffe und biomedizinische Arzneimittel.

Spätfolgen

Noch länger dauert die Beobachtung möglicher Spätfolgen. Denn natürlich kann man bei einer Impfung, die erst seit ein paar Monaten verabreicht wird, noch nicht wissen, ob und welche Spätfolgen nach ein paar Jahren auftauchen.

Die Erfahrungen mit vielen Impfstoffen über viele Jahre haben gezeigt, dass die meisten schädlichen Auswirkungen einer Impfung bereits kurze Zeit nach der Impfung auftreten. Aber

es gibt auch Ausnahmen. So kann es beispielsweise nach einigen Impfungen, unter anderem gegen Grippe und HPV, in sehr seltenen Fällen zu einer Nervenerkrankung namens Guillain-Barré-Syndrom kommen. Diese Krankheit kann allerdings auch auftreten, wenn man eine jener Infektionen erleidet, gegen die die Impfung schützen soll.

Wenn die »Ständige Impfkommission« (STIKO) eine Impfung empfohlen hat und dabei ein Impfschaden entsteht, der über das übliche Maß einer Impfreaktion hinausgeht, ist der Staat verpflichtet, den Betroffenen zu helfen. Insbesondere kann dann, je nach Grad der Schädigung, Anspruch auf eine Rente bestehen. Für die COVID-19-Impfungen soll dies noch zusätzlich im Gesetz ausdrücklich klargestellt werden.

Impfmärchen

Dass wir längst nicht alles über Risiken und Nebenwirkungen von Impfungen wissen, bedeutet allerdings nicht, dass alles möglich ist. Keine Impfung kann Menschen in Zombies, Aliens oder Vampire verwandeln. Kein Impfstoff enthält Mikrochips oder bewusstseinsverändernde Drogen.

Und dann gibt es noch ein Märchen, das so klingt, als sei es näher an der Realität: Gentechnisch erzeugte Impfstoffe verändern unser Erbgut. Nein, tun sie nicht: Die mRNA-Impfstoffe gelangen gar nicht erst bis in den Zellkern, in dem sich unser Erbgut, unsere DNA, befindet. Was immer sie bewirken, bewirken sie außerhalb des Zellkerns und fernab von unserem Erbgut. Und Vektor-Impfstoffe kommen zwar bis in den Zellkern und sie enthalten auch DNA, aber diese kann sich nicht mit unserem Erbgut verbinden.

Besser, wir bleiben bei der Wahrheit über Impfstoffe. Denn die ist aufregend genug.

3

Impf-
geschichte –
was bisher
geschah



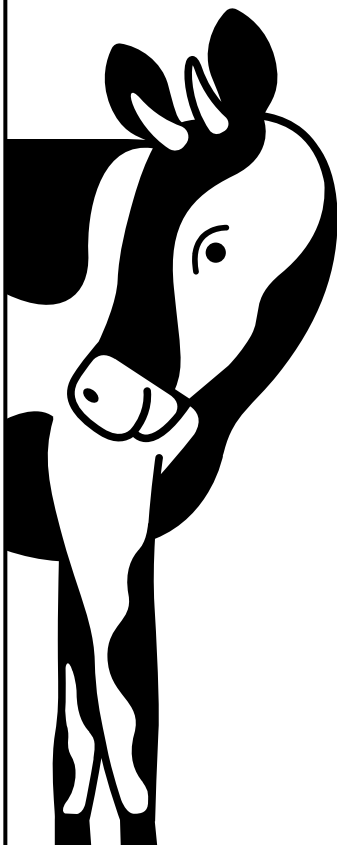
Am Anfang war ein Milchmädchen. Sarah Nelmes aus dem englischen Ort Berkeley litt wie viele Landarbeiterinnen und Landarbeiter an (harmlosen) Kuhpocken, blieb aber von den (oft tödlichen) Pocken verschont. Am 14. Mai 1796 entnahm der Landarzt Edward Jenner aus einer ihrer Kuhpockenpusteln etwas Flüssigkeit und übertrug sie auf den 8-jährigen Sohn seines Gärtners. Sieben Wochen später infizierte Jenner den Jungen mit den echten Pocken – und dieser blieb gesund. Dieser ethisch höchst fragwürdige, nach heutigen Vorschriften schlicht verbotene Menschenversuch schrieb Medizingeschichte: Es war der Beginn des Impfens. In den seither vergangenen 225 Jahren haben Impfungen mehr als zwei Dutzend Infektionskrankheiten ihren Schrecken genommen – und das ist erst der Anfang.

Von Pocken bis Diphtherie

Die englische »Royal Society« war nicht begeistert, als Edward Jenner 1797 seinen Bericht über die erfolgreiche Pockenimpfung einreichte. Das Werk sei unwissenschaftlich – und überhaupt: was kann ein Einzelfall schon aussagen? Ja, hätte der Landarzt 20 oder 30 Kinder auf die gleiche Weise und mit dem gleichen Ergebnis behandelt, hätte man den Bericht veröffentlichen können – aber so?

Also behandelten Jenner und einige Kolleginnen und Kollegen weitere Patientinnen und Patienten auf die gleiche Weise. Ein Jahr später publizierte er die erste Impfstudie – mit 23 Fällen, aber ohne Royal Society. Und schon 1799 gab es die ersten Impfungen nach der Jenner-Methode in den USA; Südamerika, die Philippinen und China folgten kurz darauf. Die erste Impfung der Welt fand eine geradezu virale Verbreitung.

Dabei sollte es fast ein Jahrhundert lang bleiben. »Vacci-



Vaccination

Lat. vacca = die Kuh

nation« (vom lateinischen vacca = die Kuh) war ein Heilmittel gegen Pocken, mehr nicht. Was da wirkte und warum, war schlicht nicht bekannt; Hauptsache, es wirkte.

Und das tat es. Aus einer Geißel der Menschheit wurde eine beherrschbare, bekämpfbare Krankheit. Vor der Einführung der Impfungen starben in Europa bis zu 10 Prozent der Kleinkinder an Pocken. Hundert Jahre nach Jenners erster Impfung gab es im Deutschen Reich gerade mal einen Todesfall durch Pocken pro eine Million Menschen.

Schlechte Luft? Böse Erreger!

Ihren zweiten großen Durchbruch erlebte die Impfforschung fast ein Jahrhundert nach den ersten Pockenimpfungen. Einen maßgeblichen Anteil daran hatten vor allem der Franzose Louis Pasteur und der Deutsche Robert Koch. Unabhängig voneinander erforschten sie in den 1870er und 1880er Jahren, wie Infektionskrankheiten entstehen und was dagegen getan werden kann.

Zuvor war für die Verbreitung von Krankheiten meist verdorbene Luft verantwortlich gemacht worden, das sogenannte Miasma. Dass es so etwas wie Viren und Bakterien überhaupt gibt und dass sie Krankheiten übertragen können, erschloss sich den Forschenden nach und nach erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts.

Das Prinzip, auf dem das Impfen bis heute beruht, entdeckte Louis Pasteur 1880 – bei Hühnern. Eine Bakterienkultur, die Geflügelcholera erregte, ließ er so lange liegen, bis sie sauer wurde. Dadurch war sie so abgeschwächt, dass die Versuchstiere daran nicht mehr starben, sondern nur noch erkrankten. Danach wurden die Hühner wieder gesund – und waren immun. In den folgenden Jahren entwickelte Pasteur noch weitere Impfstoffe gegen Tierkrankheiten, bevor er am 6. Juli 1885 erstmals einen Menschen impfte. Dieser hieß Joseph Meister, war 9 Jahre alt und von einem tollwütigen Hund gebissen

worden. Im Tierversuch an Hunden und Kaninchen hatte Pasteurs Impfstoff gegen Tollwut gute Ergebnisse gezeigt. Ob er auch bei einem Kind wirken würde, war völlig ungewiss. Er wirkte – und Pasteurs Impfung wurde fast über Nacht zu einer Weltsensation. Ihm war der Nachweis gelungen, dass Infektionskrankheiten durch Impfung geheilt werden können.

Vorbeugung durch Antikörper

Den nächsten großen Schritt machten ein Japaner und ein Deutscher. Kitasato Shibasaburō und Emil Behring hatten 1890 herausgefunden, dass vom Körper selbst produzierte Abwehrstoffe dazu beitragen konnten, Erkrankte zu heilen, die an Diphtherie oder Tetanus litten.

Lebensretter Hygiene

Die größten medizinischen Fortschritte im 19. Jahrhundert gab es nicht durch Impfungen, sondern durch bessere Hygiene. Cholera wurde durch sauberes Wasser bekämpft – und das sehr erfolgreich. Die Cholera-Epidemie in Hamburg 1892 war der letzte große Ausbruch in Deutschland; ein Jahr danach begannen die Hamburger Wasserwerke, das Trinkwasser zu filtrieren.

Gegen das Kindbettfieber, an dem viele Mütter kurz nach der Geburt starben, half Desinfizieren der Hände von Arzt und Hebamme. Der Wiener Assistenzarzt Ignaz Semmelweis senkte 1848 allein durch diese eine Maßnahme die Müttersterblichkeit in seiner Geburtshilfeklinik auf ein Zehntel des vorigen Wertes – dennoch sollte es noch 20 Jahre dauern, bevor andere Kliniken seine Methode übernahmen.

Diese Abwehrstoffe, heute nennt man sie Antikörper, eignen sich nicht nur für die Behandlung, sondern auch für die Vorbeugung. Aber ganz so einfach war es nicht mit dem medizinischen Fortschritt im 19. Jahrhundert. Erst in den 1920er Jahren war die Technik so weit fortgeschritten, dass Impfstoffe gegen Diphtherie und Tetanus hergestellt werden konnten. Die Ära des Impfschutzes für alle konnte beginnen.

Von Polio bis Masern

Am 12. April 1955 läuteten die Glocken. Sirenen heulten, überall in den USA saßen Menschen vor den Radiogeräten, fielen sich in die Arme und weinten vor Glück. Niemals zuvor und niemals seither löste die Veröffentlichung einer medizinischen Studie eine solche Woge der Begeisterung aus. »Der Polio-Impfstoff ist sicher, wirksam und stark«, sagte Tommy Francis, der Leiter der Studie. Fast zwei Millionen Kinder waren beteiligt, 200.000 Freiwillige hatten geholfen, den von Jonas Salk entwickelten Impfstoff gegen Kinderlähmung zu testen. Der Ergebnis: 60 bis 80 Prozent Wirksamkeit, so gut wie keine Nebenwirkungen.

Es war die wohl generalstabsmäßigste Forschungsaktion der medizinischen Geschichte. So wie die USA den 2. Weltkrieg gewonnen hatten, wollten sie jetzt den Krieg gegen Polio gewinnen. Schon in den späten 30er Jahren hatte der US-Präsident Franklin D. Roosevelt persönlich die Aktion gestartet – er selbst war mit 39 Jahren an Polio erkrankt und seitdem auf Gehhilfen angewiesen. Der 12. April 1955, der den Anfang vom Ende dieser Seuche markierte, war sein 10. Todestag.

Ganz ist die Geschichte der Kinderlähmung noch nicht vorbei. Aber fast. Nur in einigen Ländern der Welt werden aktuell noch Polio-Fälle registriert. Da die Krankheit aber immer noch wiederaufflammen kann, ist es wichtig, weiter dagegen zu impfen.



Gnade der späten Geburt

Meine Mutter hat meinen Impfpass wie einen Schatz gehütet. Es ist ein wirklich historisches Dokument. Ich wurde noch gegen Pocken geimpft und gegen Polio nach dem Motto: »Schluckimpfung ist süß – Kinderlähmung ist grausam«. Kein Kind braucht heute noch Pocken zu fürchten, denn die Viren fanden irgendwann keine Ungeschützten mehr. Sie sind ja eher Gelegenheitsdiebe – wenn sie keiner reinlässt, langweilen sie sich zu Tode. Auch Polio ist fast ausgerottet. Ein grandioser Erfolg. Ein Freund, heute über 80, hatte als Junge Kinderlähmung und plagt sich noch immer mit den Folgen. Meine Generation weiß zu schätzen, was ihr erspart blieb. Hoffentlich die nächsten auch.

Impfboom in der Nachkriegszeit

Es war nicht die Kinderlähmung allein. In den Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg gab es einen wahren Impfboom. Diphtherie, Tetanus, Keuchhusten, Masern, Mumps und Röteln: alles Krankheiten, die durch Impfung ihren Schrecken verloren haben. Und alles Impfungen, die in Deutschland schon seit vielen Jahren für Kleinkinder empfohlen sind.

In der damaligen DDR war man meist etwas früher dran: Die Polio-Impfung etwa wurde dort schon 1960 eingeführt. Ein Jahr später gab es im ganzen Land nur noch 4 Infektionen. Im Westen, in der Bundesrepublik Deutschland, gab es 1961 noch 4000 neue Polio-Fälle – und es war kein Impfstoff vorhanden. Erst 1964 startete in der Bundesrepublik die Schluckimpfung gegen Kinderlähmung, welche die Zahl der Neuerkrankungen schnell fast auf Null reduzierte. Neben den sieben klassischen Impfungen für Kleinkinder im ersten Lebensjahr (Mumps,

Masern, Röteln, Polio, Diphtherie, Tetanus, Keuchhusten) befinden sich inzwischen noch weitere 6 Immunisierungen im »Impfkalender« der Ständigen Impfkommission (STIKO):

Die Immunisierungen gegen ...

Rotaviren	die häufigsten Durchfallerreger im Säuglings- und Kleinkindalter weltweit
HIB	Haemophilus Influenza: eine Atemwegsinfektion durch Bakterien, die schwere Folgeschäden haben kann und vor allem für Säuglinge gefährlich ist
Hepatitis B	eine Virusinfektion der Leber
Pneumokokken	aggressive Bakterienstämme, die zu Lungen- oder Hirnhautentzündung führen können
Meningokokken	aggressive Bakterienstämme, die eine oft tödliche Hirnhautentzündung verursachen
Varizella-Viren	die Auslöser von Windpocken, einer meist harmlos verlaufenden Erkrankung, die aber in etwa 6 Prozent aller Fälle einen schweren Verlauf haben kann

So etwas wie Antibiotika – nur gegen Viren

Die gewaltigen Anstrengungen für Impfungen lagen auch daran, dass gegen eine andere Geißel der Menschheit schon in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ein Mittel gefunden wurde: Antibiotika konnten praktisch alle bakteriell verursachten Infektionen und Entzündungen heilen. 1928 hatte der britische Bakteriologe Alexander Fleming das erste Antibiotikum entdeckt; er nannte es Penicillin. Diese Entdeckung

geschah übrigens durch reinen Zufall: Fleming hatte vor den Sommerferien eine Bakterienkultur in seinem Labor vergessen. Als er zurückkam, war die Kultur verschimmelt und wo dieser Penicillium-Schimmel wuchs, waren die Bakterien verschwunden ...

Antibiotika wurden schnell zum Wundermittel gegen Bakterien. Nur: Sie helfen nicht gegen Viren. Auch heute, nach fast einem weiteren Jahrhundert medizinischer Forschung, gibt es kein Arzneimittel, das auch nur ansatzweise so gegen Viren helfen würde wie die Antibiotika gegen Bakterien – nur eine Reihe von sogenannten Virostatika, welche die Vermehrung und Ausbreitung von Viren bremsen können. **Wer von Viren verursachte Krankheiten bekämpfen will, muss impfen.**

Weltweite Impfkampagnen

Nach den erfolgreichen Kampagnen in den Industriestaaten des Westens und des Ostens wurde Impfen auch zu einer weltweiten Angelegenheit. Die Weltgesundheitsorganisation WHO hatte sich 1980, nach dem Erfolg bei den Pocken, das Ziel gesetzt, auch Polio weltweit auszurotten – mit fast ebenso großem Erfolg. Ebenfalls gefördert wurde die Verbreitung aller anderen Impfungen, die bei uns für Kleinkinder üblich sind. Beispielsweise waren 1980 nur 6 Prozent aller Kleinkinder in Afrika gegen Masern geimpft. Im Jahr 1990 waren es bereits 58 Prozent, aktuell sind es etwa 69 Prozent.

Diese Impfkampagnen haben maßgeblich dazu beigetragen, die weltweite Lebenserwartung zu verlängern und insbesondere die Kindersterblichkeit zu reduzieren. Wie groß dieser Anteil genau war, lässt sich nicht sagen, denn drei andere positive Entwicklungen spielen hier ebenfalls eine entscheidende Rolle: bessere Hygiene, bessere Ernährung und bessere medizinische Versorgung in den ärmsten Regionen der Welt. Aber alle diese Faktoren haben zusammen in den letzten Jahrzehnten die Lebens- und Überlebensbedingungen weltweit

sehr deutlich verbessert. Noch vor 100 Jahren starb weltweit jedes dritte Kind vor dem fünften Geburtstag. Vor 50 Jahren erlitt nur noch jedes siebte Kind dieses Schicksal, vor 25 Jahren jedes zwölfte – heute jedes sechsundzwanzigste.

Die Ethik der Experimente an Menschen

Im »Nürnberger Kodex« von 1947 wurden erstmals ethische Grundregeln für medizinische Experimente an Menschen festgeschrieben. Demnach brauchen alle diese Versuche eine ausdrückliche Zustimmung der Betroffenen. Die Entscheidung muss freiwillig und informiert erfolgen. Diese Regeln wurden nach Abschluss des »Nürnberger Ärzteprozesses« formuliert, in dem es um Menschenversuche während der Nazizeit ging.

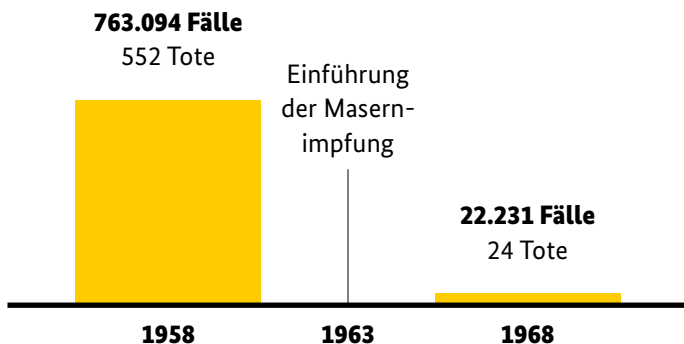
Von AIDS bis Krebs

Die erfolgreichen Impfkampagnen der 1960er und 1970er Jahre konnten den Eindruck erwecken, die Viren hätten ihren Schrecken verloren. Als hätte man die richtigen Lösungen schon gefunden und es ginge nur noch darum, diese auch weltweit zu verbreiten. Doch dann kamen die 80er – und mit ihnen AIDS.

AIDS bedeutet auf deutsch ausgeschrieben »erworbenes Immunschwäche-Syndrom« und war eine völlig neue Krankheit: 1981 wurde sie in den USA erstmals beschrieben. Ihre ersten Opfer waren zuvor gesunde, relativ junge, homosexuelle Männer, was schnell klar machte, dass es sich um eine Krankheit handelte, die von Mensch zu Mensch übertragen wird – also nicht nur eine Krankheit, sondern eine Seuche.

Wie Impfen Leben rettet

Am Beispiel der Masern in den USA



Quelle: CDC

Und es war eine extrem tödliche Krankheit. Es gab keine Heilung, es gab keine Genesung. Die Diagnose »AIDS« war in den ersten Jahren ein Todesurteil. Entsprechend groß war der Schock, den die neue Seuche auslöste – aber auch der Impuls für die medizinische Wissenschaft. Was ist der Auslöser von AIDS? Wie lässt sich die Krankheit diagnostizieren? Wie wird AIDS übertragen? Wie lässt sich die Übertragung verhindern? Kann man AIDS heilen? Oder zumindest den Verlauf abmildern? Der Wettlauf der AIDS-Forschenden hatte begonnen.

Ein Retrovirus als Impfhürde

Wie so oft in der Wissenschaft: Wenn man die Antwort auf eine Frage findet, tauchen neue Fragen auf, auf die es noch keine Antwort gibt. 1983/84 entdeckten zwei Forschungsgruppen in Frankreich und den USA unabhängig voneinander ein zuvor noch unbekanntes Virus, das als AIDS-Auslöser identifiziert wurde: das Humane Immundefizienz-Virus (HIV).

Wenn dieses HIV AIDS verursacht und wenn unser Immunsystem gegen alle neu im Körper auftauchenden Viren Antikörper bildet, dann müsste man AIDS diagnostizieren können, indem man in Blutproben nach Antikörpern gegen dieses Virus sucht. Gesagt, getan: Schon 1985 wurde der erste AIDS-Test zugelassen, der nach diesem Prinzip arbeitet.

Und wenn ein Virus das Problem ist, dann müsste doch ein Impfstoff die Lösung sein – wie bei den alten, von Viren ausgelösten Seuchen wie Pocken und Polio. Gesagt, nicht getan: Einen Impfstoff gegen AIDS gibt es immer noch nicht. Und das liegt beileibe nicht daran, dass man nicht danach gesucht hätte. Weltweit wird aktuell an einigen Dutzend möglichen HIV-Impfungen geforscht; für einige Impfstoffe liegen auch klinische Studien vor – aber keine davon war Erfolg versprechend. Der Hauptgrund dafür ist eine biologische Besonderheit des AIDS-Virus: Es ist ein Retro-Virus, dessen Gene (wie bei den meisten Viren) aus RNA bestehen, die sich aber im Körper (anders als bei anderen Viren) in DNA umwandeln. Bei diesem Umwandlungsprozess entstehen sehr viele Fehler und aus diesen Fehlern entstehen sehr viele unterschiedliche Typen des AIDS-Virus. Das macht es für die Immunabwehr unseres Körpers schwer, sich gegen das Virus zu verteidigen – und auch für jeden Impfstoff.

Vielleicht fehlt uns nur eine neue wissenschaftliche Erkenntnis oder ein neues Werkzeug, um einen guten Impfstoff gegen AIDS zu finden. Vielleicht wird es auch nie eine solche Impfung geben. Wobei das nicht bedeutet, dass die Medizin nichts gegen AIDS tun könnte. Im Gegenteil: Die Entwicklung von Medikamenten gegen AIDS war nämlich deutlich erfolgreicher. Ende der 1990er Jahre wurden die ersten Mittel zugelassen, welche die Aktivität des Virus bremsen konnten. Damit ist es noch im Körper vorhanden und auch noch ansteckend, aber es richtet weniger Schaden an. Heutige AIDS-Medikamente, die in der Regel mehrere dieser antiviralen Wirkstoffe

enthalten, haben die Sterblichkeit der Betroffenen drastisch reduziert und ermöglichen oft ein fast normales Leben.

Die ersten Anti-Krebs-Impfstoffe

Früher ein Todesurteil, heute in vielen Fällen behandelbar – das gilt nicht nur für die Diagnose AIDS, sondern auch für die Diagnose Krebs. Früherkennung, Operationen, Bestrahlungen und Medikamente sorgen dafür, dass Krebs kein hoffnungsloser Fall ist, sondern oftmals besiegt werden kann.

Und inzwischen tragen auch Impfungen zum Kampf gegen Krebs bei. 16 Prozent aller Krebserkrankungen werden nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation WHO durch Infektionen ausgelöst; in diesen Fällen können Impfstoffe helfen. Und zwei tun es bereits: Die Impfung gegen Hepatitis B verringert das Risiko von Leberentzündungen, die eine der Ursachen von Leberkrebs sind. Und der HPV-Impfstoff schützt gegen die sogenannten humanen Papillomaviren, die 70 Prozent aller Gebärmutterhalskrebs-Erkrankungen verursachen – aber auch für Rachen- oder Analkrebs verantwortlich sind. Seit März 2007 wird in Deutschland diese Krebs-Schutzimpfung für Mädchen (und seit 2018 auch für Jungen) zwischen 9 und 14 Jahren empfohlen.

Selbst wenn alle Menschen gegen Hepatitis B geimpft wären, würde es weiter Leberkrebs geben. Und selbst wenn alle Menschen die HPV-Impfung bekämen, würde es weiter Gebärmutterhalskrebs geben – denn in beiden Fällen sind Infektionen nicht die einzige Ursache der jeweiligen Krebserkrankung. Aber durch die Impfungen gibt es eben zum Glück weitaus weniger Fälle. Wir alle sehnen uns nach wirksamen Medikamenten gegen Krebs – und vergessen dabei manchmal, dass wir Impfungen haben, die Krebs sogar verhindern können!

Von Grippe bis Corona

Von allen Krankheiten, gegen die Impfstoffe vorliegen, ist die Grippe die häufigste: Pro Jahr infiziert sie zwischen 10 und 20 Prozent der Weltbevölkerung. Die Sterblichkeit ist zwar prozentual gesehen sehr gering: Von 10.000 Erkrankungen enden nur eine bis fünf tödlich. Durch die hohe Zahl der Betroffenen ergibt sich jedoch eine absolut gesehen hohe Zahl von Sterbefällen: Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass zwischen 300.000 und 700.000 Personen pro Jahr an der Grippe sterben.

Das Meistervirus der Mutation

So viele Todesfälle trotz Impfung? Ja, leider. Denn die Grippeviren sind Meister im Ausweichen: Kein anderes Virus ist so veränderungswütig wie das Grippevirus. Es entwickelt in kurzer Zeit eine extrem hohe Rate von Mutationen und diese unterscheiden sich von der vorigen Version, sodass der Impfstoff der vorangegangenen Saison bereits durch einen



Partner-Pieks

Es passiert nicht so oft, dass deutsche Forschende einen Nobelpreis bekommen. Aber eine Impfung gegen Krebs zu erfinden, ist wirklich genial. Die HPV-Impfung schützt gegen einige Formen von Gebärmutterhalskrebs. Warum wird sie auch für Jungen empfohlen, obwohl wir Männer gar keinen Gebärmutterhals haben? Weil es beim Impfen nie nur um einen selber geht – sondern um alle, die wir mitschützen können. Herdenimmunität – oder schöner: Gemeinschaftsschutz. HP-Viren sind zudem beteiligt bei Krebs am Rachen, am Po und am Penis, den wiederum Frauen nicht haben. Deshalb am besten impfen lassen vor dem ersten Sex, alle. Egal wann es dazu kommt – und mit wem.

neuen ersetzt werden muss. Obwohl es seit den 1940er Jahren Grippe-Impfungen gibt, kann von einer anhaltenden Immunität gegen Grippe weiterhin keine Rede sein. Und dabei gibt es jedes Jahr einen neuen Grippe-Impfstoff, der auf jeweils vier verschiedene Virusvarianten zielt – in der Hoffnung, mit dieser Munition möglichst viele der umherschwirrenden Grippeviren zu erwischen.

Besonders glimpflich verlief weltweit die aktuelle Grippe-saison 2020/21. Das allerdings nicht so sehr, weil der Impfstoff dieses Mal besonders wirksam war, als vielmehr wegen einer deutlich niedrigeren Zahl von Grippe-Infektionen. Der Grund dafür sind die globalen Sicherheitsmaßnahmen gegen das Coronavirus: Kontaktbeschränkungen und das Vermeiden größerer Menschenansammlungen reduzieren nicht nur das Ansteckungsrisiko für COVID-19, sondern auch für die Grippe.

Die »Spanische Grippe« aus Kansas

Die tödlichste Pandemie des 20. Jahrhunderts wurde als »Spanische Grippe« bekannt. Zwischen Februar 1918 und April 1920 infizierte ein besonders gefährliches Grippevirus etwa ein Drittel der gesamten damaligen Weltbevölkerung und forderte 20 bis 50 Millionen Menschenleben. Als wahrscheinlichster Ausbruchsort gilt eine Ausbildungsstätte der US-Armee in Kansas, deren Soldaten die Grippe an die Fronten des 1. Weltkriegs in Europa brachten. Mit Spanien hatte die Pandemie nur insofern zu tun, als dass die dortigen Zeitungen besonders offen über die neue Krankheit berichteten.

Ein Virus gegen die Welt, die Welt gegen ein Virus

Die eigentliche Besonderheit der Impfsaison 2020/21 war das Virus mit dem Namen SARS-CoV-2. Dieses Coronavirus hatte sich ausgehend von der chinesischen Stadt Wuhan in den ersten Monaten des Jahres 2020 in der gesamten Welt verbreitet. Und ebenso weltweit hatten sich Forschende daran gemacht, Impfstoffe gegen die von diesem Virus ausgelöste COVID-19-Pandemie zu entwickeln. Noch im gleichen Jahr 2020 erhielten die ersten beiden davon eine Zulassung. Und beide beruhen auf einer Technologie, die noch niemals in der Geschichte der Impfungen eingesetzt worden war – den mRNA-Impfstoffen, deren Funktionsweise in den ersten Kapiteln beschrieben wurde.

Als Außenseiterin an die Weltspitze

Aber wie war es überhaupt möglich, dass eine in der Öffentlichkeit so gut wie unbekannte Technologie sich scheinbar aus dem Stand an die Spitze der medizinischen Forschung setzen konnte? Ein Teil der Erklärung steckt in einem Stoff, den wir sonst nicht so gern an uns sehen: Fett. Den mRNA-Forschenden ist es gelungen, ihren Wirkstoff so geschickt in mikroskopisch kleine Fetttropfchen einzupacken, dass er optimal in unsere Zellen gelangen und dort die Produktion von Antikörpern anregen kann.

Eine weitere Erklärung: Die neue Technologie war gar nicht so neu. Schon 1990 hatte die ungarische Biochemikerin Katalin Karikó an der US-Universität Pennsylvania begonnen zu erforschen, wie man einen zentralen Bestandteil von Körperzellen künstlich herstellen kann – eben die Messenger-RNA (mRNA), die notwendig ist, um in den Zellen Proteine herzustellen. Karikó war damals 35 Jahre alt; es sollte das Forschungsthema ihres Lebens werden.

Doch dann passierte etwas, was einst auch Galileo Galilei, Edward Jenner oder Ignaz Semmelweis passierte und was selbst nach Jahrhunderten von High-Tech und Spitzenforschung immer noch passieren kann: Eine bahnbrechende Entdeckung eines Außenseiters wird von den großen Autoritäten ihres Fachs erst einmal verlacht und ignoriert. Nur eines war diesmal anders: Der Außenseiter war eine Außenseiterin. Niemand interessierte sich für Karikós Arbeit; sie bekam nicht nur nicht die erhoffte Professur, sondern auch keine staatliche Förderung und wurde in der Forschendenhierarchie der Universität zurückgestuft. mRNA schien eine akademische Sackgasse zu sein.

Es dauerte fast ein Jahrzehnt, bis sich das Blatt wendete. 1997 traf Karikó am Kopiergerät ihrer Fakultät einen Mitstreiter, den Immunologen Drew Weissman. Gemeinsam entwickelten sie eine Lösung, wie man die mRNA in den Körper bringen konnte, ohne dass die Immunabwehr sie abstieß. Im gleichen Jahr startete an der Universität Tübingen ein Forschungsprojekt zur Immuntherapie, in dessen Rahmen der Chemiestudent Ingmar Hoerr seine Doktorarbeit über RNA-Impfstoffe schrieb. 1999 meldete er sein erstes Patent auf diese Technologie an; ein Jahr darauf gründete er das Unternehmen CureVac für die Entwicklung von RNA-Impfstoffen.

Ab 2005 stiegen auch andere Forschende in das Thema ein. Einer von ihnen, Derrick Rossi, gründete 2010 in den USA das mRNA-Startup Moderna. Zwei andere, Uğur Şahin und Özlem Türeci, starteten 2008 in Mainz mit Biontech. Und als 2020 COVID-19 ausbrach, waren diese drei Unternehmen zur Stelle, um die Methode der ehemaligen Außenseiterin an die Weltspitze der Impfstoffforschung zu katapultieren. Auch Katalin Karikó war am Durchbruch ihrer Idee aktiv beteiligt – seit 2013 ist sie Senior Vice President und Forschungsleiterin von Biontech.

Plattform-Technologien

Eine weitere Erklärung für diesen Durchbruch ist ein neuer Technologieansatz in der Impfstoffforschung: die Plattform-Technologie. Dabei werden in eine bereits vorhandene, bewährte Grundstruktur (die Plattform) für einen bestimmten Impfstoff spezifische Elemente eingefügt. Ein Beispiel sind die Fetttropfchen, in die bei mRNA-Impfstoffen der jeweilige Wirkstoff verpackt wird. Wenn dabei alle Bestandteile der Verpackung gleich bleiben können und sich nur der Inhalt von Impfstoff zu Impfstoff ändert, vereinfacht das sowohl die Produktion als auch Tests und Zulassung.

Wie sehr eine Plattform-Strategie die Produktion vereinfachen und die Zahl der Produkte vervielfachen kann, bewies Ende der 1990er Jahre – der Volkswagen-Konzern. Auf ein und derselben produktionstechnischen Basis wurden Autos von VW (Golf, Jetta, Beetle), Skoda (Octavia), Seat (Leon) und Audi (A3, TT) gebaut. Von Typ zu Typ unterschiedlich waren das Design und die Ausstattung der Wagen, aber die Plattform blieb jeweils gleich – und damit auch die meisten Bauteile und Produktionsprozesse.

Wenn nun bei der Herstellung von mRNA-Impfstoffen die Plattform der Fetttropfchen-Verpackung immer gleich bleibt, muss beispielsweise die Frage möglicher Allergien nicht jedesmal wieder neu beantwortet werden. Ohne an der Sicherheit zu sparen, spart man Zeit und Kosten. Man macht es dadurch außerdem möglich, dass sich auch kleinere Unternehmen und Institute am Impfstoffrennen beteiligen können. Wenn nicht mehr alle Stufen einer Entwicklung aus einer Hand kommen müssen, haben auf den reinen Wirkstoff spezialisierte Firmen die Chance, mit Plattform-Spezialist:innen zusammenzuarbeiten, was die Zahl der möglichen Impfstoffentwickler und damit auch die der möglichen Impfstoffe deutlich erhöht.



4

Impf-
konflikte –
was mit
unserer
Gesellschaft
passiert



»Einer für alle, alle für einen!« – das war das Motto der »Drei Musketiere« in Alexandre Dumas' gleichnamigem Roman. Diese Art des Zusammenhalts, des gemeinsam Füreinander-einstehens, macht nicht nur Romanhelden stark, es ist auch eines der ältesten Erfolgsrezepte der Menschheit. Wir haben in der Evolution nicht als einzelne überlebt, sondern als Gemeinschaften – als Stämme, Sippen, Familien.

Der Mensch ist ein soziales Wesen. Und Impfen ist eine soziale Aktivität. Wer sich impfen lässt, schützt damit nicht nur sich selbst, sondern auch Familie, Freunde, Nachbarn, Mitmenschen. Der Mensch ist aber nicht nur ein soziales Wesen. Er ist auch ein Individuum. Mit eigenem Körper, eigenem Kopf, eigener Würde. Wir mögen bereit sein, für andere Opfer zu bringen – aber wir sind vor allem bereit, etwas zu tun, was uns selbst nutzt.

Muss ich mich impfen lassen?

Wenn Seuchen ausbrechen, muss etwas getan werden. Wenn immer mehr Menschen sich anstecken, krank werden, dahinsiechen, sterben – wird gehandelt. Oft werden dabei die richtigen Maßnahmen getroffen: Nach den Cholera-Epidemien von London (1854) und Hamburg (1892) beispielsweise wurden die Wasserversorgung und die hygienischen Zustände in den Armenvierteln verbessert. Manchmal aber waren die getroffenen Maßnahmen auch falsch: Als die Pest im 14. Jahrhundert Europa heimsuchte, wurde allgemein empfohlen, die Kranken zur Ader zu lassen und durch Abbrennen aromatischer Kräuter den »Pesthauch« zu vertreiben.

Die erste Impfpflicht der Welt ...

... wurde im Jahr 1807 in Deutschland eingeführt. Nicht in ganz Deutschland – das gab es damals ja noch gar nicht – sondern nur im Königreich Baiern. Die Schreibweise Bayerns mit Ypsilon wurde übrigens erst 1825 von König Ludwig I. verfügt.

Die Impfgegner:innen aus dem 19. Jahrhundert

Oft sind solche Maßnahmen umstritten: So bei der 1870/71 im Deutsch-Französischen Krieg ausgebrochenen Pockenepidemie, zu deren Bekämpfung die Regierung des gerade eben erst gegründeten Deutschen Reichs am 8. April 1874 ein »Reichsimpfgesetz« erließ. Alle Deutschen wurden verpflichtet, ihre Kinder im Alter zwischen einem und zwölf Jahren gegen Pocken impfen zu lassen; bei Zuwiderhandlung drohten drei Tage Gefängnis oder bis zu 50 Mark Geldstrafe.

Diese Impfpflicht hatte zwei direkte Folgen: Die Zahl der Pockenimpfungen nahm deutlich zu, die Zahl der Pocken-erkrankungen ebenso deutlich ab – die Epidemie zwischen 1870 und 1873 war der letzte große Pockenausbruch in Deutschland. Die indirekte Folge der Impfpflicht: Es entstand eine Impfgegner:innen-Bewegung. Sie sammelte sich unter anderem hinter der Zeitschrift »Der Impfgegner« (ab 1881) und im »Deutschen Bund der Impfgegner« (ab 1896).

Zu dieser Bewegung gehörten: Vegetarier:innen und Naturfreund:innen, Antikapitalist:innen und Antisemit:innen, Staats- und Technikkritiker:innen, christliche Fundamentalist:innen und Anthroposoph:innen. Ihre Motive waren durchaus unterschiedlich, ähneln jedoch denen, die heute noch von Impfgegnerinnen und Impfgegnern geäußert werden:

- Ob Impfung oder keine, solle nicht der Staat entscheiden, sondern jede:r für sich.
- Die Impfung könne vielleicht die eine Krankheit verhindern, aber dafür zu anderen Krankheiten führen.
- Es könnten schädliche Langzeitwirkungen auftreten, von denen man jetzt noch nichts wisse.
- Bei der Impfung gelange tierisches Material (damals aus Kuhpocken) in den menschlichen Körper.
- Die Impfung greife in den natürlichen Lauf der Dinge ein.
- Gesunde Menschen seien stark genug, um sich selbst gegen Krankheiten zur Wehr setzen zu können. Die Behandlung mit Kälte, Wärme, gesunder Ernährung und frischer Luft reiche dafür aus.

Das Impfunglück von Lübeck

Das weltweit größte Impfunglück des 20. Jahrhunderts geschah 1930 in Deutschland. 256 Neugeborene waren in Lübeck mit einem verunreinigten Impfstoff gegen Tuberkulose geimpft worden. Anstatt immun zu werden, wurden viele dieser Babies krank – insgesamt 77 von ihnen starben an Tuberkulose. Der Leiter des Lübecker Gesundheitsamtes und der Direktor des Krankenhauses wurden 1932 schuldig gesprochen, den Impfstoff nicht ausreichend geprüft zu haben und wurden wegen fahrlässiger Tötung zu Gefängnisstrafen verurteilt.

Zwischen Zwang und Freiwilligkeit

Der Grundkonflikt, der vor mehr als einem Jahrhundert in der Auseinandersetzung um die Impfpflicht sichtbar wurde, ist bis heute aktuell. Liegt die Entscheidung über meinen Körper bei mir allein? Und: Entscheiden allein die Eltern für ihre minderjährigen Kinder? Oder gibt es Fälle, in denen der Staat mitreden oder gar gegen den Willen der Betroffenen entscheiden kann?

Die Antwort darauf ist nicht immer und überall gleich. Sie sah vor hundert Jahren anders aus als heute; sie kann in muslimisch geprägten Regionen anders ausfallen als in christlichen, für Kleinkinder anders als für Teenager, für Pocken anders als für Grippe. Schon im Vergleich mit unseren Nachbarstaaten gibt es Unterschiede: In Italien, Frankreich oder Polen sind einige Impfungen verpflichtend; Österreich oder die Niederlande setzen vorwiegend auf Freiwilligkeit: Es gibt Empfehlungen, welche Impfungen in welchem Alter gemacht werden sollten, die Entscheidung aber liegt beim Impfling selbst beziehungsweise bei dessen Eltern.

In Deutschland gibt es heute für keine Krankheit eine Impfpflicht, auch nicht für COVID-19. Oder besser: für fast keine. Seit 2020 ist der Nachweis einer Masern-Impfung Voraussetzung für Kinder und Personal in Gemeinschaftseinrichtungen, also beispielsweise Schulen oder Kitas. Eine Klage gegen diese Pflicht wurde vom Bundesverfassungsgericht zurückgewiesen: Ein ausreichender Impfschutz gegen Masern habe Vorrang vor dem etwaigen Ausschluss der ungeimpften Kinder von der Kinderbetreuung.

Wenn die eigene Entscheidung also negative Auswirkungen auf andere haben könnte, kann der Staat die Entscheidungsfreiheit begrenzen. Das gilt in allen Politikbereichen: In keinem Staat der Welt kann man sich beispielsweise frei entscheiden, ob man mit dem Auto auf der rechten oder der linken Straßenseite fährt – der Staat hat für alle verbindlich Rechts- oder Linksverkehr festgelegt.



Blick über den Tellerrand

Was ist der Unterschied zwischen Epidemie und Pandemie? Pandemie ist überall. Und deshalb ist diese Pandemie auch erst vorbei, wenn nicht nur wir in Deutschland mehrheitlich geimpft sind, sondern weite Teile der Weltbevölkerung.

Das ist noch ein langer Weg, aber wichtig. Krankheiten entstehen und verbreiten sich heute globaler als früher. Also braucht es auch eine globale und faire Verteilung des Impfstoffes. Dann entstehen auch nicht immer neue Mutanten. Globale Gesundheit heißt: Je besser es Menschen weltweit geht, desto besser geht es auch uns. Und das gilt auch für Tiere. Gesunde Menschen gibt es langfristig nur zusammen mit gesunden Tieren auf einer gesunden Erde.

Der Zwang zu guten Argumenten

In der ehemaligen DDR wurden weit mehr Lebensbereiche vom Staat geregelt als in der BRD. Dazu passt, dass in der DDR Impfpflicht herrschte. Rund 20 verschiedene Schutzimpfungen waren dort bei Kindern vorgeschrieben. Eltern, die sich verweigerten – ja, auch das gab es – wurden zum Belehrungsgespräch mit dem Hygienearzt des Bezirks zitiert – wer stur blieb, erhielt eine Vorladung ins Gesundheitsministerium in der Hauptstadt.

In der Bundesrepublik setzte man fast durchgehend auf Aufklärung statt auf Zwang. Nur die Pockenimpfung war verpflichtend (bis 1976), alle anderen Impfungen waren freiwillig. Damit zwingt der Staat sich selbst, für alle seine Bürgerinnen und Bürger gute Argumente zu finden, warum sie sich beziehungsweise ihre Kinder impfen lassen sollten.

Bei den Kindern liegen die Impfquoten vergleichsweise hoch. Bei den Schuleingangsuntersuchungen vor der ersten Klasse sind jeweils mehr als 90 Prozent gegen Diphtherie, Tetanus, Keuchhusten, Hib, Polio sowie Masern geimpft. Nur bei Hepatitis B liegt die Impfquote leicht unter 90 Prozent.

Deutlich niedriger liegt die Quote bei den Erwachsenen. Für über 18-Jährige ist lediglich die Auffrischung von drei Impfungen empfohlen: Diphtherie und Tetanus alle zehn Jahre, Keuchhusten einmal im Erwachsenenalter. Aber nur etwa die Hälfte halten sich an diese Empfehlung.

Wer hat etwas davon, wenn ich mich impfen lasse?

Hoch über dem Elbufer in Radebeul bei Dresden liegt Schloss Lössnitz. Ein klassizistischer, von drei Türmen gekrönter Bau, mit »repräsentativ dekorierte Eingangshalle mit ionischen Wandpilastern, Konsolfriesen und Kassettendecke«, so heute die Beschreibung des Landesdenkmalamts Sachsen. Erbaut wurde das Schloss 1895, allerdings nicht von einem Fürsten, sondern von einem Naturheilkunde-Unternehmer, der den Grundstein seines Vermögens mit Impfkritik gelegt hatte: Friedrich Eduard Bilz (1842–1922). Die Pockenepidemie und das anschließende Impfgesetz von 1874 hatten bei vielen Deutschen das Interesse an Gesundheitsthemen geweckt – der Kolonialwarenhändler Bilz war einer der wenigen, der auf Impfgegner:innen-Versammlungen ohne Fachausdrücke verständlich formulieren konnte. Seine Anhängerschaft vergrößerte sich erst langsam und ab 1888 schlagartig: Das Lexikon »Bilz, das neue Heilverfahren, ein Lehr- und Nachschlagebuch für jedermann in gesunden und kranken Tagen« verkaufte sich 3,5 Millionen Mal und wurde zur Keimzelle eines Naturheilkunde-Konzerns; und Schloss Lössnitz wurde dessen Kurklinik.

Zur Pockenimpfung riet das Bilz-Lexikon übrigens: »Bestes Mittel zur Aufhebung der vergiftenden Wirkung der Impfung ist, sofort nach der Impfung die Impfstelle kräftig mit dem Munde aussaugen.«

Mit frech formulierter Impfkritik ließ sich also schon damals gut Geld verdienen. Aber natürlich nicht nur damit: Bei jeder großen Krise in Geschichte und Gegenwart taucht der Vorwurf auf, dass einige sich kräftig daran bereichern – oder gar diese Krise verursacht haben und das Leid unzähliger Menschen in Kauf nehmen, nur weil sie sich selbst davon einen Vorteil versprechen.

Held:innen- und Schurk:innengeschichten

Manche dieser Vorwürfe sind nicht ohne Grundlage. Es gibt keine Krise ohne Krisengewinner:innen und extreme Situationen bringen regelmäßig nicht nur Held:innen sondern auch Schurk:innen hervor. Das war auch bei COVID-19 so. Aber bei Pandemien sind Schurk:innengeschichten eher Randerscheinungen. In ihrem Zentrum hingegen stehen Heilende und Forschende. Sie wollen die Seuche bekämpfen, die um sie herum wütet. Sie suchen das richtige Medikament, die richtige Operationsmethode, den richtigen Impfstoff, um Leid zu lindern oder zu beenden. Natürlich, auch Forschende sind nur Menschen. Sie wollen womöglich nicht nur anderen helfen, sondern auch sich selbst; hoffen womöglich, als Held:innen der Pandemie reich oder berühmt oder beides zu werden. Aber sie wissen ganz genau: Dafür müssen sie Erfolg haben, müssen die Pandemie tatsächlich besiegen.

Autismus durch Impfen?

In einem Wort: Nein.

In einem Satz: Es gibt keinen Zusammenhang zwischen Impfungen bei Kleinkindern und dem Auftreten von Autismus.

In einem Absatz: 1998 behauptete der Arzt Andrew Wakefield anhand der Daten von 12 Kindern, es könne einen Zusammenhang von Autismus und Impfung geben. Jahre später wurde Wakefield nachgewiesen, dass er seine Daten manipuliert hatte. 2019 wies eine dänische Studie anhand der Daten von 657.461 zwischen 1999 und 2010 geborenen Kindern nach, dass es hier keinen Zusammenhang gibt. Null.

Die AIDS-Mythen

Als in den 1980er Jahren AIDS ausbrach, war die Herkunft des Virus unbekannt. Zu den damaligen Mutmaßungen gehörten das Entweichen aus einem Biowaffenlabor oder eine Verschwörung von Geheimdiensten. Inzwischen haben Virologen zweifelsfrei herausgefunden, dass das Virus seit Tausenden von Jahren bei afrikanischen Affen vorkommt und von dort wohl vor etwa 100 Jahren auf den Menschen übersprang. Die ältesten bekannten menschlichen Blutproben, die das AIDS-Virus enthalten, stammen aus dem Jahr 1959.

Um das zu schaffen, müssen sie wiederum eng mit Staaten, Behörden, Institutionen und oft auch Unternehmen zusammenarbeiten. Die oder der Forschende kann zwar ganz auf sich allein gestellt einen Impfstoff finden, aber sie/er kann ihn nicht alleine zulassen; sie/er kann ihn nicht alleine millionenfach produzieren und auch nicht im ganzen Land oder der ganzen Welt verbreiten. Deshalb gibt es bei Impfstoffen seit jeher enge Kooperationen zwischen Staat, Wirtschaft und Forschung. Und das ganz unabhängig davon, ob diese Forschenden für Pharma-Konzerne arbeiten, an Universitäten, Kliniken oder staatlichen Einrichtungen.

Vielfalt der Forschenden

Genau diese Vielfalt lässt sich nun auch bei der Entwicklung von COVID-19-Impfstoffen beobachten. Bleiben wir einmal bei den 14 verschiedenen Impfstoffen, die 16 Monate nach dem Ausbruch der Pandemie in mindestens einem Staat der Welt zugelassen waren. Fünf davon wurden in China entwickelt, vier in den USA und/oder Westeuropa, drei in Russland,

je einer in Indien und Kasachstan. Unter den Entwicklern sind staatliche Institutionen (wie die Russische Akademie der Wissenschaften), Universitäten (wie die Universität Oxford), staatliche Unternehmen (wie Sinopharm) und private Unternehmen (wie Sinovac, Biontech oder AstraZeneca).

Eine ähnliche Vielfalt gibt es bei den Preisen. Es gibt Impfstoffe, die zum Selbstkostenpreis abgegeben werden; es gibt Impfstoffe, deren Preis staatlich festgelegt wurde und es gibt Impfstoffe, für welche die Produzenten einen Preis ausgehandelt haben. Oder auch verschiedene Preise, je nach Mengen und Liefertermin.

Es mag sein, dass einigen der Beteiligten ihr Aktienkurs besonders wichtig ist. Anderen mag es wichtig sein, dass ihre Partei die nächsten Wahlen gewinnt. Wieder andere mögen sich vom Impfstoffexport außenpolitische Vorteile versprechen. Und es wird noch eine Vielzahl weiterer Motive geben, warum jemand jetzt gerade eine bestimmte Impfstoffproduktion vorantreibt. Aber eines gilt für alle Motive: Der Erfolg misst sich daran, wie gut der Impfstoff die Pandemie bekämpft; wie sehr er den Menschen hilft.

50 Millionen gerettete Leben

Die wichtigsten und häufigsten Nutznießer:innen von Impfungen nämlich können wir weder sehen noch kennen: Es sind alle diejenigen Menschen, die aufgrund von Impfungen nicht krank werden, nicht sterben. Hätte man COVID-19 nicht aufgehalten, hätte man ihm seinen Lauf gelassen, sodass es früher oder später jeden Menschen der Welt ansteckt, wären etwa eine halbe Milliarde Menschen schwer daran erkrankt und etwa 50 Millionen Menschen daran gestorben. Alle, denen durch Maßnahmen, Medikamente und Impfstoffe dieses Schicksal erspart wurde, profitieren von der Pandemiebekämpfung. Auch wenn wir nicht wissen, wer das im Einzelnen ist – es könnte jede:r von uns sein.

Was passiert, wenn ich mich nicht impfen lasse?

Erst einmal: nichts. Denn das Immunsystem wird nicht vorinformiert – es handelt erst, wenn das Virus attackiert und kommt dann oft zu spät. Andere, deren Immunsystem über die Vorinformation der Impfung verfügt, sind für diesen Angriff besser gewappnet.

Nicht nur dem Immunsystem, auch dem Menschen passiert ohne Impfung zunächst einmal: nichts. Wenn eine Impfung freiwillig ist, darf man vom Staat auch nicht unmittelbar benachteiligt werden, wenn man sich nicht impfen lässt. Das kann sich allerdings im realen Leben durchaus anders anfühlen. Denn oft hat man es ja gerade nicht mit dem Staat zu tun, sondern mit Unternehmen, die ihre eigenen Regeln aufstellen. Eine Fluggesellschaft etwa kann eine Impfung zur Bedingung für die Mitnahme im Flugzeug machen. Oder Händler:innen für das Betreten eines Ladens, oder ein Konzertveranstalter:innen für den Kauf eines Tickets, oder oder oder.

Dabei handelt es sich um keine Schikane. Es geht vor allem um Schutz. Und zwar nicht nur um Schutz der übrigen Kundinnen und Kunden vor Ansteckung, sondern auch um Schutz des Unternehmens vor Klagen: Muss ein Busunternehmen Schadensersatz oder Schmerzensgeld zahlen, wenn sich Passagierinnen und Passagiere auf der Fahrt bei einer oder einem Nichtgeimpften anstecken? Und es geht um den Wettbewerb: Wenn die Konkurrenz nur Tickets an Geimpfte verkauft und daraufhin alle nur noch dort kaufen, liegt es nun einmal nahe, auch einen Impfnachweis zu verlangen.

Ein Risiko für sich – und für andere

Auch bei staatlichen Beschränkungen für Nichtgeimpfte kann der Wettbewerb eine Rolle spielen: Wenn Spanien im



Zurück auf die Bühne

Die meisten von Ihnen werden mich aus dem Fernsehen kennen oder von meinen Büchern – aber auch wenn ich im Herzen immer Arzt geblieben bin, ist mein Element die Bühne, live vor Publikum. Ich liebe es, im direkten Kontakt mit Menschen Freude und Ideen zu teilen. Ich vermisse die Auftritte vor echten Menschen. Ich vermisse Sie! So wie alle Kulturschaffenden freue ich mich auf den Tag, wenn wir wieder vor einem Publikum stehen können. Einem geimpften, geschützten oder genesenen Publikum. Denn wenn wir uns schon gegenseitig mit etwas anstecken wollen, dann mit gesundem Lachen!

Sommer nur noch Urlauber mit COVID-19-Impfnachweis an den Strand lassen will, soll damit erreicht werden, dass alle, die gebucht haben, einen coronasorgenfreien Urlaub genießen können – was für viele Deutsche nach über einem Jahr Pandemie eine sehr attraktive Aussicht sein dürfte. Aber der Hauptgrund für solche Einreisebeschränkungen ist ebenfalls der Schutz – Schutz der eigenen Bevölkerung. Die Pest wurde im 14. Jahrhundert von Fernhändler:innen aus der Schwarzmeer-Region nach Europa gebracht. Pocken wurden im 16. Jahrhundert von Europa nach Amerika eingeschleppt und rotteten vielerorts die gesamte einheimische Bevölkerung aus. Im 21. Jahrhundert verursachte ein ungeimpfter Austauschschüler aus Berlin einen Masernausbruch in Frankreich, und 2020 wird COVID-19 von infizierten Reisenden auf der ganzen Welt verbreitet. Ungeimpfte können anstecken und sie können angesteckt werden – sie sind also ein Risiko für andere und für sich selbst.

Welches Risiko man für sich selbst eingeht, darf jede und jeder frei entscheiden. Diese Freiheit stößt an Grenzen, wo sie andere beeinträchtigen oder in Gefahr bringen könnte. Wo diese Grenzen im Einzelfall liegen, ist in vielen Lebenssituationen umstritten, vom Straßenverkehr bis eben zum Infektionsschutz. Und wo etwas in unserer Gesellschaft umstritten ist, gibt es darüber große und kleine Diskussionen, Verordnungen und Gesetze, Klagen und Gerichtsurteile.

Entspannung nach der Impfkampagne

Dabei wird mitten in einer Impfkampagne das Risiko, dem man andere aussetzt, anders beurteilt als an deren Ende. Denn irgendwann ist der Zeitpunkt erreicht, zu dem jede Person die geimpft werden möchte, auch geimpft wurde. Bei der COVID-19-Pandemie dürfte es in Deutschland im Herbst 2021 so weit sein, in den USA schon im Sommer, in vielen Staaten Afrikas hingegen erst 2022 oder 2023. Wenn dieser Zeitpunkt erreicht ist, geht von Ungeimpften kein Risiko mehr für die Gesellschaft aus, sondern nur noch für sie ganz persönlich – und für zwei weitere Personengruppen, nämlich diejenigen,

- die nicht geimpft werden wollen
- die nicht geimpft werden können, aus medizinischen Gründen (z. B. Allergien) oder weil die Impfstoffe nicht für sie zugelassen sind (z. B. Kinder)

Vor allem für die zweite dieser Gruppen muss der Staat weiterhin dafür sorgen, das Ansteckungsrisiko gering zu halten; aber dabei dürften Zugangsbeschränkungen für Ungeimpfte nicht mehr das wichtigste Instrument sein. Und damit bleibt dann für diejenigen, die sich nicht impfen lassen wollen, nur noch ein großer Nachteil: Sie können sich das Virus einfangen, können davon krank werden und daran sterben. Aber das ist dann ihr persönliches, selbst gewähltes Risiko.

Wie die Ausnahmesituation zu Ende geht

Von allen anderen Impfkampagnen zuvor unterscheidet sich die COVID-19-Impfkampagne in der Erwartungshaltung. Alle anderen Kampagnen sollten erreichen, dass sich etwas zum Besseren ändert: dass weniger Menschen leiden, weniger Kinder sterben müssen, dass der Sieg über eine Krankheit das Leben verbessert. Die COVID-19-Impfkampagne hingegen soll erreichen, dass das bessere Leben wieder zurückkehrt: dass die Ausnahmesituation der Corona-Pandemie zu Ende geht und das Leben wieder so wird, wie es zuvor war.

Von der Pandemie zur Endemie

Ganz so wird es nicht kommen können, rein virologisch gesehen. Denn wir müssen davon ausgehen, dass durch die Impfkampagne auch bei allerbestem Erfolg die Coronaviren nicht ausgerottet werden. Ein Virus, das hunderte Millionen Menschen weltweit infiziert hat und dann auch noch so mutationsfreudig ist wie dieses Coronavirus, verschwindet nicht wieder ganz. Es bleibt uns erhalten und wird wohl »endemisch« werden. So wie die vier anderen Coronaviren, die regelmäßig Menschen infizieren – und leichte Erkältungen verursachen.

Zwischen 5 und 30 Prozent aller Erkältungskrankheiten lassen sich auf diese vier Viren zurückführen; ihre wissenschaftlichen Bezeichnungen sind HKU1, OC43, NL 63 und 229E. Mit diesen Viren steckt man sich in der Regel das erste Mal im Kindergartenalter an, mit fast durchweg sehr mildem Verlauf. Gut möglich, dass auch das Pandemie-Coronavirus SARS-CoV-2 eines Tages ähnlich harmlose Effekte haben wird. Wenn der Krankheitsverlauf nach Ansteckung aber heftiger oder gar gefährlich bleiben sollte, könnte dieses Virus medizinisch ebenso behandelt werden wie Masernviren: Man impft schon

Kleinkinder dagegen. Sollte die Immunität nachlassen, wird die Impfung wieder aufgefrischt.

Dafür würde ein Impfstoff gebraucht werden, der für Kleinkinder gut verträglich ist und der hohe Wirksamkeit mit geringen Nebenwirkungen verbindet. Das könnte einer der aktuell gegen COVID-19 verwendeten Impfstoffe sein oder auch ein ganz anderer – schließlich haben die Studien in der aktuellen Pandemiesituation noch kein zulassungsreifes Ergebnis für Kleinkinder erbracht.

Von der Ausnahmesituation in eine neue Normalität

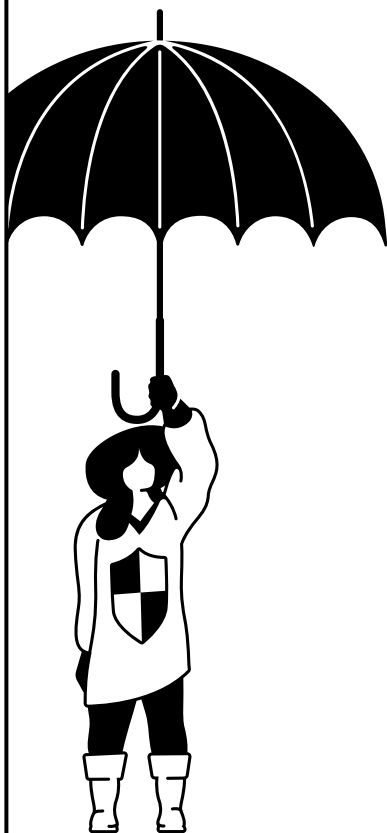
Auch dieser endemische Zustand wird noch viel Zeit, Kraft und Geld erfordern – aber er ist für die Gesellschaft weit von jenem Ausnahmezustand entfernt, der Anfang 2020 mit der COVID-19-Pandemie begann. Wir werden in eine neue Normalität hineinkommen, aber sie wird sich anders anfühlen als die davor; und wenn auch nur aufgrund der einschneidenden Erfahrungen, die wir alle in ihr gemacht haben.

Von dem indisch-amerikanischen Technikphilosophen Venkatesh Rao stammt der Gedanke, die Corona-Pandemie sei auch so etwas wie eine Impfung unserer Gesellschaft: eine schwere, aber nur selten tödliche Bedrohung, die jede Person und jede Institution mit Extremsituationen konfrontiert. Und aus der wir, so Rao, lernen können, wie wir zukünftige, noch schwerere Krisen besser bewältigen können – Krisen wie sie uns etwa durch den Klimawandel demnächst bevorstehen könnten. Im Moment mögen wir vor allem die Nebenwirkungen dieser »Impfung« der Gesellschaft sehen. Doch es liegt nicht zuletzt an uns, wie die langfristige Wirkung auf die Gesellschaft ausfallen wird.

Jede:r für alle, alle für jede:n

Ja, es gab auch positive Folgen von Pandemien. So ziehen Wirtschaftshistoriker eine direkte Linie von der Pest des 14. Jahrhunderts zur Renaissance und dem Beginn der Neuzeit ein Jahrhundert später: Der millionenfache Tod habe Arbeitskräftemangel verursacht, der habe zu höheren Löhnen geführt und daraus habe sich ein bescheidener, aber breit gestreuter Wohlstand entwickelt. Und die Cholera-Epidemien in europäischen Metropolen des 19. Jahrhunderts mündeten in verbesserter Hygiene und lebenswerteren Städten.

Aber dennoch bleibt die dunkle Seite jeder Pandemie. Es gibt immer Tod und Zerstörung und es gibt manchmal auch Raserei und Terror. 1348 wurde an vielen Orten in Europa die jüdische Bevölkerung beschuldigt, die Pest verursacht zu haben; Tausende wurden umgebracht, ganze jüdische Gemeinden ausgerottet.



Eine:r für alle, alle für jede:n.

Manchmal ist der Starke am mächtigsten allein. Aber eine Pandemie lässt sich besser überwinden, wenn alle gemeinsam kämpfen.

Nein, es gibt keinen Grund, sich entspannt zurückzulehnen, wenn eine Pandemie wütet – nur weil sie einen nicht betrifft oder weil sich schon andere darum kümmern. Eine Pandemie kann jede und jeden treffen: alt und jung, Frau und Mann, arm und reich. Eine Pandemie ist erst besiegt, wenn sie überall auf der Welt besiegt ist, wenn alle Menschen auf der Welt Zugang zu wirksamem Impfstoff erhalten: denn sonst kann sie sich jederzeit auch vom entlegensten Winkel der Erde aus wieder überallhin ausbreiten. **Und eine Pandemie lässt sich am besten überwinden, wenn alle sich mit darum kümmern. Jede:r für alle, alle für jede:n.**

GLOSSAR

Antikörper sind vom Immunsystem unseres Körpers gebildete Stoffe, die eine Abwehrreaktion gegen eine bestimmte Substanz auslösen. Antikörper machen uns gegen Krankheiten immun – können aber auch Allergien auslösen.

Bakterien Bakterien sind kleine, einzellige Lebewesen – die meisten davon gutartig – wie etwa die ungefähr 100 Billionen Bakterien, welche im Darm eines gesunden Erwachsenen leben. Manche jedoch können Krankheiten auslösen, wie Colibakterien, Staphylokokken, Mykobakterien und andere.

DNA ist die Abkürzung für Desoxyribonukleinsäure und der Stoff, aus dem das Erbgut ist. Und nicht nur unseres: Bei allen Lebewesen ist die DNA die Trägerin der Erbinformationen.

Endemie ist eine Krankheit, die in einem Gebiet regelmäßig auftritt, aber mit etwa gleichbleibender Ausbreitung. Das gilt beispielsweise für die Malaria im tropischen Afrika.

Immunsystem ist der Sammelbegriff für alle Abwehrsysteme des Körpers gegen Mikroorganismen, Fremdstoffe und andere Bedrohungen. Zu den wichtigsten Bestandteilen des Immunsystems gehören spezialisierte Zellen (wie die T-Zellen) sowie Antikörper.

mRNA ist die Abkürzung für Messenger-Ribonukleinsäure. Sie kommt in jeder Zelle jedes Lebewesens vor und liefert dort die Bauanleitungen für Proteine. Aus diesen Bauanleitungen können mRNA-Impfstoffe hergestellt werden.

Mutationen sind zufällige Veränderungen im Erbgut von Menschen, Tieren, Pflanzen oder Viren. Manche Viren wie Grippe- oder Coronaviren mutieren besonders häufig. Eine Mutation kann dazu führen, dass der Schutz durch eine Impfung schwächer wird oder ganz verschwindet.

Pandemie ist eine neue, weltweit auftretende und sich verbreitende Infektionskrankheit. Die schwerste Pandemie des 20. Jahrhunderts war die Spanische Grippe von 1918 bis 1920, die schwerste im 21. Jahrhundert ist bislang die COVID-19-Pandemie.

Vakzin ist nur ein anderes Wort für Impfstoff. Es kommt vom englischen »vaccine«, das wiederum vom lateinischen »vacca« (= Kuh) abgeleitet wurde.

Vektor-Impfstoffe sind eine relativ neue Impftechnologie. In ein harmloses Trägervirus (den Vektor) wird der eigentliche Wirkstoff eingepackt und erreicht damit das Zellinnere. Viren sind relativ kurze Stücke Erbsubstanz, umgeben von einer Hülle. Sie haben keinen eigenen Stoffwechsel und können sich nur in den Zellen anderer Lebewesen vermehren. Dazu dringen sie in die Zelle eines Wirtes ein, zwingen sie dazu, neue Viruspartikel herzustellen und zerstören sie am Ende meistens.

INFORMIEREN SIE SICH HIER WEITER:

Das Impfbuch für alle digital

Hier finden Sie das Impfbuch und Impfwissen zum Weitertragen auch online: www.dasimpfbuch.de (auch in mehreren Sprachen downloadbar).

Aktuelle Infos von »Zusammen gegen Corona«

Das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) informiert im Rahmen von »Zusammen gegen Corona« mit seinen Partnern zum Gesundheitsschutz in der Pandemie, zu COVID-19 und der Corona-Schutzimpfung. Aktuelle Informationen, Videos, Downloads oder Materialien der Kampagne »Deutschland krempelt die #ÄrmelHoch« finden Sie unter www.zusammengegencorona.de, www.corona-schutzimpfung.de und den Social Media Kanälen des BMG.

Service der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung

Weitergehende Services und Downloads für alle Zielgruppen rund ums Impfen bieten auch die BZgA, z. B. unter www.bzga.de und www.infektionsschutz.de

Fachinformationen des Robert Koch-Instituts

Unter www.rki.de/impfen finden vor allem Fachleute Zahlen, Daten und Fakten, ausführliche Angebote sowie offizielle Dokumente zur Wirksamkeit, Sicherheit und Dokumentation der Impfung. Dort finden Sie außerdem den Impfkalender mit allen Impfpfehlungen der Ständigen Impfkommission (STIKO, www.stiko.de).



Fachinformationen des Paul-Ehrlich-Instituts

Fachinformationen über Zulassung und Überwachung, Qualität, Wirksamkeit und Unbedenklichkeit von Impfstoffen und Arzneimitteln lesen Sie hier nach: www.pei.de



IMPRESSUM

Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA)

Maarweg 149-161, 50825 Köln
www.bzga.de

Robert Koch-Institut

Nordufer 20, 13353 Berlin
www.rki.de

Bundesministerium für Gesundheit

Friedrichstraße 108, 10117 Berlin
www.bundesgesundheitsministerium.de

Konzeption, Redaktion und Gestaltung

Scholz & Friends Berlin GmbH

Fachredaktion

Robert Koch-Institut
Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung
Bundesministerium für Gesundheit

Bildnachweise

Impfpass © Deutsches Grünes Kreuz e.V. | Foto Jens Spahn © BMG

Illustrationen

GOLDEN COSMOS

Das Impfbuch für alle können Sie kostenlos herunterladen oder bestellen:

E-Mail: publikationen@bundesregierung.de

Telefon: 030 182722721, Fax: 030 18102722721

Post: Publikationsversand der Bundesregierung, Postfach 48 10 09, 18132 Rostock

Bestellnummer: **BMG-G-11160**

1. Auflage, Juni 2021

»Schreiben Sie Ihr persönliches Impfbuch!«

Impfungen können Sie vor einer Vielzahl schwerer Krankheiten schützen. Sie zeigen den Fortschritt moderner Medizin und schützen uns vom Kleinkind- bis ins Seniorenalter. Die bei uns zugelassenen Impfstoffe sind sicher und zuverlässig. Mit Ihrer ganz persönlichen Impfentscheidung bewahren Sie nicht nur sich selbst, sondern auch Ihre Mitmenschen vor Krankheit und Leid.



**Bundesgesundheitsminister
Jens Spahn**

WELTGESUNDHEITSORGANISATION
WORLD HEALTH ORGANIZATION
ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE

**INTERNATIONALE BESCHEINIGUNGEN
ÜBER IMPFUNGEN
UND IMPFBUCH**
INTERNATIONAL CERTIFICATES
OF VACCINATION
CERTIFICATS INTERNATIONAUX
DE VACCINATION

gemäß § 22 Infektionsschutzgesetz

ausgestellt für / issued to / délivré à _____
Name, Vorname / Surname, given name / Nom, prénom
Geburtsdatum / Born on / Né(e) le _____ in / à _____
Wohnort und Straße / Address / Domicile et adresse

Reisepass-Nr. oder
Nr. des Pers.-Ausweises
Passport No. or
Identity card No.
Numéro du passeport ou
de la carte d'identité

Internationale Gesundheitsbescheinigung / International Sanitary Regulations / Règlement Sanitaire International

Sie haben keinen Impfpass?
Keine Sorge, zum Termin der COVID-19-Schutzimpfung
wird Ihnen ein Nachweis ausgestellt.

Für alle? Für alle!

225 Jahre nach der ersten erfolgreichen Impfung (gegen Pocken) wird wieder eine Impfkampagne auf der ganzen Welt durchgeführt – diesmal gegen COVID-19. So wie die Pandemie uns alle bedroht, kann die Impfung uns alle schützen. Denn der Impfstoff hilft dem Immunsystem, sich auf den Angriff durch ein Virus vorzubereiten und so eine Attacke besser abwehren zu können.

Dieses Impfbuch soll Ihnen helfen, sich Ihr eigenes Bild vom Impfen zu machen. Damit Sie sich mit guten Informationen und einem guten Gefühl entscheiden können.

»Gesundheit entsteht im Miteinander.
Und gute Laune sollte das Einzige
sein, womit ich meine Mitmenschen
anstecke!« Eckart von Hirschhausen

Abgabe kostenlos.

www.dasimpfbuch.de #ÄrmelHoch

ROBERT KOCH INSTITUT



Bundeszentrale
für
gesundheitliche
Aufklärung
BZgA