



# IMPFS SEI DANK! TEIL 2

Welche Impfstoffe gibt es und was ist die Besonderheit am neuen Impfverfahren?

**Weltweit legen sich unzählige Pharma-Unternehmen und Labore ins Zeug, um mit der Entwicklung eines wirkungsvollen Impfstoffes ein baldiges Ende der Pandemie zu erreichen. 177 verschiedene Kandidaten befinden sich in verschiedenen Stadien der Testphasen. Dabei gibt es unterschiedliche Impfstoffarten, die jeweils unterschiedliche Eigenschaften haben bezüglich der Immunantwort, die sie auslösen. In umfangreichen Tests wird derzeit geprüft, welcher Impfstoff die beste Wirksamkeit gegen COVID-19 haben könnte.**

## Totimpfstoffe

enthalten abgetötete, nicht mehr vermehrungsfähige Krankheitserreger. Dabei reichen für die Herbeiführung einer passenden Immunantwort durch den Körper zum Teil auch schon einzelne Bestandteile des abzuwehrenden Erregers. Die Einteilung reicht von Ganzpartikel-Impfstoffen bis hin zu sogenannten Subunit-Impfstoffen (bestimmter Eiweißanteil des Erregers) und Toxoid-Impfstoffen (Inaktive Bestandteile der Erreger-Gifts), bei denen bereits ein minimaler Anteil eines Erregers ausreicht, um als Antigen durchzugehen, das wiederum eine ausreichende Immunreaktion auslöst. Vorteilhaft ist eine geringere Nebenwirkungsrate im Vergleich zu anderen Impfstoffen, und es ist nicht nötig, einen größeren zeitlichen Abstand zu anderen Impfungen einzuhalten. Nachteilig ist die vergleichsweise schwache Langzeit-Wirkung. Der Impfschutz lässt mit der Zeit nach und muss nach wenigen Monaten (Grippe) bis einigen Jahren (Tetanus, FSME) aufgefrischt werden.

## Lebendimpfstoffe

beinhalten vermehrungsfähige, aber abgeschwächte („attenuierte“)

Krankheitserreger. Diese behalten zwar ihre Fähigkeit, sich im Organismus zu vermehren, lösen die abzuwehrende Krankheit aber nicht mehr selbst aus. Vielmehr reagiert das Immunsystem auf die Anwesenheit der abgeschwächten Gegner mit der Bildung spezifischer Antikörper zu ihrer Bekämpfung. Die Wirkung der Impfung hält nach ausreichender Immunisierung sehr lange bis ein Leben lang an. In seltenen Fällen kann die Impfung ähnliche Symptome wie die Krankheit, gegen die geimpft wurde, auslösen. Die Symptome sind aber nie so schwer und der Verlauf zu keiner Zeit wirklich gefährlich.

## Vektorimpfungen

Hier werden den Vektoren – zum Beispiel bestimmte Krankheitserreger, die harmlos für den Menschen sind – ein oder mehrere Moleküle (Antigene) eines Krankheitserregers eingebaut. Bei diesem Umbau wird genau darauf geachtet, dass der Vektor mit ausreichenden Antigenen bestückt ist, um eine adäquate Immunantwort auszulösen, ohne dabei selbst neuartige Krankheitssymptome oder allergische Reaktionen hervorzurufen. Er bleibt also trotz Aufrüstung unbedenklich für Mensch und Umwelt. Gegen Ebola wird ein solcher Impfstoff derzeit erfolgreich eingesetzt.

## mRNA-Impfstoffe

In den bisher gezeigten Impfvarianten wird dem geimpften Organismus wie bei den zuvor genannten Impfstoffen ein Erreger komplett oder Fragmente von diesem in Form von Antigenen präsentiert. Die Zellen bilden daraufhin eine stabile Abwehr dagegen. Bei der Impfung mit dem mRNA-Wirkstoff wird dem Organismus ein „Bauplan“ für eine zu erschaffende Zelle eingepflanzt, gegen die im Folgenden – nach Erschaffung – die körpereigene Abwehr aufgebaut werden soll. Klingt zwar kompliziert, ist aber bei genauerer Betrachtung ganz einfach: Ein Lebendimpfstoff präsentiert der körpereigenen Abwehrpatrouille selber den Gangster. Ein Totimpfstoff gibt der Abwehr ausreichend Bruchstücke und Hinweise auf den Bösewicht, um ihn dann gezielt zu fassen. Beim Vektorimpfstoff wird ein unauffälliger Doppelgänger zurechtgeschminkt, um den eigentlichen Täter am Ende so zu ähneln, dass die körpereigene Abwehr lernt, den eigentlichen Täter klar zu erkennen. Der mRNA-Impfstoff liefert hingegen die Anleitung für einen Baukasten für ein charakteristisches Bruchstück des Erregers. Dieses Bruchstück wird vom Körper nachgebaut, und das Abwehrsystem kann so eine entsprechend gezielte Abwehr für den kompletten Gegner erschaffen. Und das wiederum passiert auf eine sehr komplexe, aber geschickte Art und Weise:

Die komplette Erbinformation ist auf der doppelsträngigen DNA im Zellkern abgelegt. Als Gen wird meist ein Abschnitt auf der DNA bezeichnet, der Grundinformationen für die Ausbildung bestimmter Eiweiße/Proteine zur Entwicklung von bestimmten Eigenschaften eines Individuums und zur Herstellung verschiedener biologisch aktiver, einsträngiger RNA enthält. Die mRNA, also eine Kopie eines Abschnittes der Erbinformation, wird zum Ziele der Erschaffung neuer Proteine mit spezifischen Aufgaben aus dem Zellkern ausgeschleust. Eine Rückkehr in den Zellkern ist nicht vorgesehen. Nachdem sie im Zellplasma bei der Übersetzung der ausgesandten Teilinformation in entsprechende Proteine gedient hat, wird sie übli-

cherweise durch spezielle Enzyme verdaut.

Wollte sich die eingeschleuste Impf-RNA ins Erbgut, also in eine bestehende DNA einschleichen, müsste es zunächst eine Möglichkeit besitzen, in den Zellkern zurückzukehren. Diese besteht im Normalfall nicht. Würde es diese Hürde überwinden, wäre im Fortgang die Hilfe zweier Enzyme nötig: die der Reversen Transkriptase, die die Informationen aus dem vorhandenen einen Strang in einen DNA-Doppelstrang umwandeln könnte, und die der Integrase, die die vorhandene Teil-Information in den bereits vorhandenen Strang einbauen könnte. Beide Enzyme für exakt diesen Vorgang liegen in der menschlichen Zelle natürlicherweise nicht vor.

### Mechanismus einer Viruserkrankung

Zum weiteren Verständnis muss man sich dennoch kurz den Mechanismus einer Viruserkrankung vor Augen führen: Dabei wird Virus-DNA oder -RNA in den Zellkern bestimmter Körperzellen des Wirtsorganismus eingeschleust. Die zelleigenen Stoffwechselmechanismen werden daraufhin so „umprogrammiert“, dass sie den eingeschleusten Erreger rasch vervielfältigen, was zum Untergang der betroffenen Zelle führt und den betroffenen Mechanismus auf vielfältige Weise schwächt. Der gemeine Virus bringt die für diesen Vorgang notwendigen Werkzeuge selbst mit.

Es gibt sogar RNA-Viren wie Lenti- und Retroviren, also solche mit einsträngiger im Vergleich zur menschlichen DNA bruchstückhafter Information, die diese beiden Enzyme mit sich führen, sich so in das Genom einbauen lassen und so die Zelle dazu bringen, unentwegt neue Virus-Zellen zu erschaffen. Sollten jedoch beide, also der mRNA-Botenstoff aus der Impfung und ein RNA-Virus im höchst unwahrscheinlichen Falle einmal in der selben Zelle landen, wird es nicht zu einer Überführung der Impfstoff-Information in das menschliche Genom und damit zur Virusvermehrung kommen, da zum Starten der Reverse Transkriptase eine Start-Sequenz, ein sogenannter Primer, notwendig ist – und dieser passt in diesem Falle eben nicht zu Covid-19, sondern eben „nur“ zum anwesenden RNA-Virus.

Im Falle der derzeit angekündigten Covid-19-Impfstoffe enthält die mitgelieferte Boten-RNA den Bauplan für das sogenannte Spike-Protein von SARS-CoV-2 oder das für die Bindestelle für den ACE-2-Rezeptor der menschlichen Zellen. Eine überschießende Immunantwort auf den fremden Botenstoff kann durch dessen Bindung an sogenannte Toll-like-Rezeptoren entstehen. Daher wurden die auf dem geimpften Teilstück enthaltenen Informationen so konzipiert, dass sie nur Proteine bauen, die denen ähneln, die von Säugetieren produziert werden. Dafür wurden bestimmte Bausteine, die sogenannten Nukleoside, modifiziert und die Lücken zwischen den einzelnen abzulesenden Sequenzen minimiert, was gleichzeitig auch einen raschen Abbau durch Enzyme verhindert. Die einzelnen Bausteine der m-RNA sind zum Teil so aufbereitet und gereinigt, dass die häufige Nachbildung und Vervielfältigung ohne „Fehlschüsse“ für die verarbeitende Zelle deutlich vereinfacht ist. Zusätzlich ist die genetische Information in ganz kleine Fettmoleküle, sogenannte Lipid-Nanopartikel, verpackt, um sie vor einem zu schnellen Zerfall zu schützen. Alles in allem also eine recht runde und ausgefuchste Innovation, oder nicht?

### Vielversprechende Ergebnisse

Diese Art von Impfstoffen ist im Übrigen nicht erst seit gestern im Umlauf. Erste Forschungsversuche laufen seit 1990, und eine gute Wirksamkeit in zahlreichen klinischen Versuchsreihen mit Tumorigenimpfstoffen, eben auch mit humanem Patientengut,



DRES. LEHMANN & KOLLEGEN



DRES. LEHMANN & KOLLEGEN

Regensburger Str. 29 | D-93138 Lappersdorf  
Tel.: +49 (0)941 81765 | Fax.: +49 (0)941 81774  
[www.hausarzt-lappersdorf.de](http://www.hausarzt-lappersdorf.de)

SPRECHZEITEN UND TERMINE | Bitte vereinbaren Sie mit uns einen Termin.

MO   07:00 - 20:00 Uhr	DI   07:00 - 18:00 Uhr
MI   07:00 - 18:00 Uhr	DO   07:00 - 18:00 Uhr
FR   07:00 - 13:00 Uhr	SA   09:00 - 11:00 Uhr

(Notfallsprechstunde)



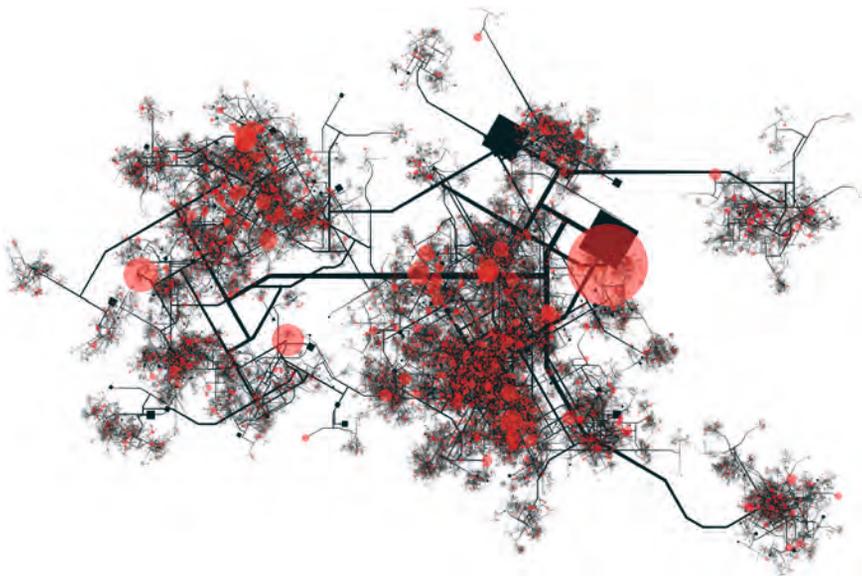
lieferten vielversprechende Ergebnisse ohne besorgniserregende Nebenwirkungen. Auch die Erprobung bei anderen Erkrankungen wie Grippe und Tollwut lieferten im tierexperimentellen Setting gute Ergebnisse. In bisherigen klinischen Studien mit den Covid-19-Vakzinen waren vorübergehende milde unerwünschte Wirkungen wie Fieber, Abgeschlagenheit, Schüttelfrost und Kopfschmerzen nicht selten, und vorübergehende Schmerzen an der Injektionsstelle wurden bei der Mehrheit der Probanden beobachtet. Dies sind Nebenwirkungen, die sich bei allen anderen bewährten Impfstoffen, besonders bei Lebendimpfstoffen ebenso finden lassen. Vergleichbare Langzeitstudien zu diesen stehen selbstverständlich noch aus, aber dies ist nun auch unseren Zeiten geschuldet: Entwicklungsprozesse, nicht nur im medizinischen Bereich, sind mittlerweile so optimiert und beschleunigt, dass sie in einem Bruchteil der Zeit brauchbarere und validere Ergebnisse liefern als noch vor zehn Jahren. Das ist in anderen Bereichen auch kein Anlass dafür, Verschwörungen zu wittern oder auf die Barrikaden zu gehen. Die Impfung ist und bleibt – für mich unverständlich – auch weiterhin für viele ein Reizthema und polarisiert – egal was letztendlich enthalten ist. Und somit wird ein neuer Impfstoff, egal welcher es werden wird, für die

einen Wasser auf des Teufels Mühlen und für andere der dringend notwendige, möglicherweise einzig wirkungsvolle Schutz gegen eine heimtückische, noch immer nicht gänzlich verstandene Infektionskrankheit sein. Ich für meinen Teil rate zu Vernunft und freue mich auf eine Zeit ohne Einschränkungen, dafür mit mehr öffentlichem Miteinander und weniger Gegeneinander in der Quarantäne – das ist nämlich auf Dauer auch nicht gesund.

In diesem Sinne,  
bleiben Sie vernünftig und haben Sie ein gesundes und frohes Weihnachtsfest im kleinen Kreise,

**bleiben Sie gesund!**  
**Ihr Praxisteam Dres. Lehmann & Kollegen**

# GESUNDHEITSÄMTER AM LIMIT



© bigstock | kentoh

Dr. Matthias Pregler © Beate Geier / LRA

Deutschlandweit arbeiten die Gesundheitsämter am Limit – so auch in Regensburg. Die hohen Infektionszahlen erschweren das sogenannte Contact Tracing, die Nachverfolgung der Kontakte und damit der Infektionsketten, hinzu kommt – wie im kompletten Gesundheitssystem – eine Personalnot. Anfang November schlugen deshalb mehr als zehn Prozent der bundesweiten Gesundheit-

sämter Alarm und bekundeten beim Robert-Koch-Institut (RKI) Überbelastung. Wir haben uns mit Dr. Matthias Pregler, Leiter des Gesundheitsamtes Regensburg, unterhalten und nachgefragt, wie der Alltag für Mitarbeiter aktuell aussieht und ob Kontaktpersonen überhaupt noch vollständig nachverfolgt werden können.