

## **Katharina Hemschemeier**

# Das neue Coronavirus und COVID-19

Fachkorrektur von Dr. Ralf-Peter Vonberg und Christina Haese



WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

#### Das neue Coronavirus und COVID-19

1. Auflage 2020

© 2020 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

All rights reserved including the right of reproduction in whole or in part in any form. This book published by arrangement with John Wiley and Sons, Inc.

Alle Rechte vorbehalten inklusive des Rechtes auf Reproduktion im Ganzen oder in Teilen und in jeglicher Form. Dieses Buch wird mit Genehmigung von John Wiley and Sons, Inc. publiziert.

Wiley, the Wiley logo, Für Dummies, the Dummies Man logo, and related trademarks and trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and/or its affiliates, in the United States and other countries. Used by permission.

Wiley, die Bezeichnung »Für Dummies«, das Dummies-Mann-Logo und darauf bezogene Gestaltungen sind Marken oder eingetragene Marken von John Wiley & Sons, Inc., USA, Deutschland und in anderen Ländern.

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Satz kühn & weyh software gmbh, satz und medien, Freiburg

10987654321

IN DIESEW RAFITEE	
Die Familie der Coronaviren	
MERS, SARS und COVID-19	
Tests. Medikamente, Impfstoffentwicklung	

## **COVID-19: Eine weltweite Bedrohung**

iemlich sicher dürfte *Corona* das »Wort des Jahres 2020« werden. Jede Nachrichtensendung, jede Zeitungsschlagzeile und auch die meisten privaten Unterhaltungen drehen sich derzeit (April 2020) nur um ein Thema: die neusten Infektionszahlen, die Gefährdungslage und den Umgang der Menschen mit den Einschränkungen im Alltag. Hamsterkäufe, leere Supermärkte, Ausgangsbeschränkungen, Homeoffice, Schulschließungen, abgesagte Urlaube oder (mehr oder weniger freiwillige) Quarantäne im Fall eines Kontakts mit einer möglicherweise infizierten Person sind nur einige der Probleme, die uns diese neue Erkrankung beschert hat.

Schutzmaßnahmen

In diesem Kapitel werfen wir einen Blick auf den Erreger, seine Verbreitung und die Behandlungsoptionen.

## Coronaviren

Die Familie der *Coronaviridae* aus der Ordnung der *Nidovirales* ist seit den 1960er Jahren bekannt. Diese etwa 120 bis 160 nm großen behüllten RNA-Viren rufen bei Säugetieren, Vögeln und Fischen erkältungsartige Infektionen und Durchfall hervor; humane Coronaviren befallen die **oberen** Atemwege und verursachen beim Menschen meistens nur milde Atemwegserkrankungen.

Unter dem Elektronenmikroskop erinnern die Glykoprotein-Spikes (*Peplomere*) auf der Oberfläche des Virus an eine Krone (lateinisch »corona« = Kranz, Krone) – daher auch der Name. Coronaviren werden weiter in Alpha- bis Deltacoronaviren unterteilt; SARS-CoV-1, SARS-CoV-2 und MERS-CoV zählen alle zu den *Betacoronaviren*.

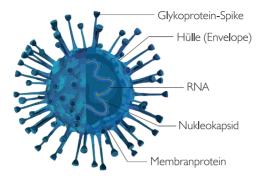


Abbildung 1.1: Molekularer Aufbau der Coronaviren. CristinaFernandz - stock.adobe.com

In die Virushülle der Corona-Partikel sind Membranproteine eingelagert wie das kleine Hüllprotein (Envelope- oder E-Protein), das zum Virusinneren hin orientierte Matrix-Protein (M-Protein) und die großen, keulenförmigen Glykoprotein-Spikes (Spike- oder S-Protein). Diese Spikes sind für den Infektionszyklus essenziell und besitzen zwei wichtige Proteindomänen:

- Die Rezeptor-Bindungsdomäne (RBD) ist notwendig, damit das Virus an eine Wirtszelle andocken kann.
- Die Fusionsprotein-Untereinheit (FP) sorgt für die Verschmelzung der Virushülle mit der Zellmembran der Wirtszelle, sodass das Virus über Endozytose in die Zelle aufgenommen werden kann.

Im Inneren der Virushülle befindet sich das ikosaedrische Kapsid, das einen helikalen Nukleoproteinkomplex aus dem Nukleoprotein N (50 bis 60 kDa) und der nichtsegmentierten, einzelsträngigen RNA (Plusstrang-Genom) mit 27.600 bis 31.000 Nukleotiden enthält. Wie die mRNAs eukaryotischer Zellen ist die (übrigens sehr lange) RNA polyadenyliert und trägt eine Kappe am 5'-Ende.



Ein Plusstrang-Genom bedeutet, dass die virale RNA die gleiche Polarität hat wie eine mRNA und daher direkt für die Proteinsynthese verwendet werden kann.

Die Gene sind teilweise überlappend angeordnet; das Genom codiert neben den Genen für die Strukturproteine (S-, E-, M- und N-Protein) auch für fünf Enzyme:

- RNA-abhängige RNA-Polymerase (RdRp oder Replicase, zur Transkription und Replikation)
- Proteasen 3CLpro, PLpro (zur Virusfreisetzung)
- Helicase (Replikation)
- Hämagglutinin-Esterase (beteiligt an der Aufnahme des Virus in die Zelle)

Coronaviren werden durch Knospung (Budding) aus der Zelle freigesetzt und nehmen dabei einen Teil der Wirtszellmembran als Virushülle mit.

## Die weniger nette Verwandtschaft

Aber Coronaviren haben für den Menschen noch weitaus mehr in petto als nur Erkältungssymptome oder Durchfall. Die Erreger von MERS, SARS und COVID-19 konnten aufgrund von Mutationen ihren Wirtsbereich artüberschreitend von Tieren auf den Menschen ausdehnen - mit ziemlich fatalen Folgen. Für das menschliche Immunsystem sind diese Erreger unbekannt und entsprechend ist auch keine Grundimmunität vorhanden.



Derzeit (April 2020) sind sieben humanpathogene Coronaviren bekannt: SARS-CoV(-1), SARS-CoV-2 und MERS-CoV; dazu kommen noch HCoV-HKU1, HCoV-NL63, HCoV-OC43 und HCoV-229E, die alle nur milde Symptome verursachen.

## MERS (Nahost-Atemwegssyndrom)

Das MERS-CoV (MERS für »Middle East respiratory syndrome«) wurde erstmals 2012 identifiziert und verursacht schwere Infektionen der Atemwege, Lungenentzündungen und Nierenversagen. Der Erreger stammt aus Fledermäusen und wird über das Nasensekret von Dromedaren als Zwischenwirt auf den Menschen übertragen. Die meisten Fälle traten daher auf der Arabischen Halbinsel mit Schwerpunkt in Saudi-Arabien auf, denn hier sind Dromedare beliebte Zuchttiere mit enger Nähe zum Menschen. Die Inkubationszeit beträgt weniger als eine Woche. Der Erreger vermehrt sich nur in bestimmten Zellen tief in der Lunge, was die vergleichsweise niedrige Übertragungsrate von Mensch zu Mensch und auch die hohe Letalität von über 34 Prozent bei dieser Erkrankung erklärt.

## SARS (Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom)

Im Jahr 2002 trat erstmals in Asien das SARS-assoziierte Coronavirus (SARS steht für »severe acute respiratory syndrome«) mit fast 800 Todesfällen 2002/2003 weltweit auf. Der erste offizielle SARS-Fall war ein auf Wild spezialisierter Koch aus der chinesischen Provinz Guandong, der sich bereits mit Krankheitssymptomen für eine Hochzeitsfeier in ein Hongkonger Hotel einmietete und diese neue Erkrankung vor Ort schnell auf andere internationale Gäste verbreitete – der Koch soll als Superspreader für mehr als 400 Infektionen weltweit verantwortlich gewesen sein.

#### **Superspreading (Superverbreitung)**

Infizierte Personen haben manchmal Kontakt mit sehr vielen anderen Menschen und infizieren diese, bevor sich der Überträger seiner Erkrankung bewusst wird – etwa, weil er keinerlei Symptome zeigt oder die Erkrankung eine lange Inkubationszeit hat. Diese Menschen werden in der Epidemiologie als Superspreader bezeichnet. Das Phänomen ist keinesfalls neu; ein bekannter Superspreader war Mary Mallon (»Typhus-Mary«), die zwischen 1900 und 1907 in New York als Köchin arbeitete und als Dauerausscheiderin von Typhus-Erregern vor allem über ihre beliebten Desserts (»Pfirsiche mit Eiscreme«) zahlreiche Menschen infizierte.

Nach einer Inkubationszeit von zwei bis zehn Tagen beginnt die Erkrankung meistens mit grippeähnlichen Symptomen (Fieber, Gliederschmerzen, Schüttelfrost), danach kommen oft trockener Husten, Durchfall und zunehmend auch Atembeschwerden hinzu. Etwa 20 Prozent der Patienten müssen intensivmedizinisch versorgt werden. Die Letalität beträgt etwa 11 Prozent; besonders schwer betroffen sind ältere Menschen oder Menschen mit Vorerkrankungen. Im Röntgenbild der Lunge zeigen sich auffallende helle Flecken.

Der SARS-Erreger stammt vermutlich aus Fledermäusen und konnte über Schleichkatzen (eine beliebte Delikatesse im asiatischen Raum) als Zwischenwirt auf den Menschen übergehen. Ab 2004 traten dank konsequenter Maßnahmen nur noch vereinzelte Infektionen auf.

## COVID-19 verändert die Welt

COVID-19 ist die englische Abkürzung für die »Corona Virus Disease 2019«, die durch das neue Coronavirus SARS-CoV-2 verursacht wird. Auch COVID-19 ist eine Zoonose, also eine Infektion, die von Tieren auf den Menschen übertragen wird. Von welchem Tier genau dieses Coronavirus zum ersten Mal auf den Menschen überging, ist nicht ganz klar, aber vermutlich stammt es ursprünglich aus Fledermäusen wie bei SARS und MERS.

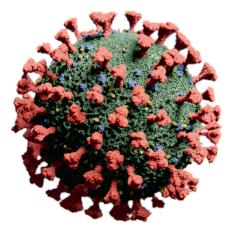


Abbildung 1.2: SARS-CoV-2. Darryl - stock.adobe.com

Im Fall dieser bislang unbekannten Erkrankung könnte Pangoline wie das Malaiische Schuppentier (Manis javanica) als Zwischenwirt fungiert haben, die in China als (illegale) Delikatesse gelten.



Das neuartige Virus mit seinen neuen Eigenschaften könnte durch eine genetische Rekombination der Virus-RNA aus Fledermäusen mit der Virus-RNA aus dem Schuppentier entstanden sein.



Abbildung 1.3: Malaiisches Schuppentier. Luis sandoval – stock.adobe.com

Als offizielle »Geburtsstunde« von COVID-19 gilt der 7. Januar 2020. Bereits einige Wochen zuvor waren in der chinesischen Millionenstadt Wuhan vermehrt Lungenentzündungen aufgetreten, die durch einen bislang unbekannten Erreger SARS-CoV-2 (Schweres Akutes Respiratorisches Syndrom Coronavirus-2) verursacht worden waren. SARS-CoV-2 ist verwandt mit SARS-CoV-1; beide zählen zu den SARS-assoziierten Coronaviren. Die Weltgesundheitsorganisation WHO legte für diese neue Erkrankung den offiziellen Namen COVID-19 fest. Am 11.3.2020 erklärte die WHO die Ausbreitung von COVID-19 zu einer Pandemie.



Eine Epidemie ist ein zeitlich und örtlich begrenzter Ausbruch einer Krankheit, eine Pandemie eine länder- und kontinentübergreifende Erkrankung.

In China gab es die erste Welle massiver Infektionen. Von dort aus verbreitete sich das Virus in die ganze Welt, und zwar mit sehr unterschiedlichen dynamischen Entwicklungen.

In Europa gab es etliche Zentren mit besonders vielen Erkrankungen. Der erste COVID-Fall in Deutschland war eine Mitarbeiterin eines Automobilzulieferers in Starnberg bei München (»Patient Null«), die sich zuvor in China aufgehalten hatte. Stark betroffen war auch Heinsberg in Nordrhein-Westfalen. Dort hatte ein infiziertes Ehepaar zehn Tage vor der Bestätigung der Infektion eine Karnevalsfeier besuchte und zahlreiche Gäste angesteckt. Ähnliches geschah im Skiort Ischgl in Österreich und auf Kreuzfahrtschiffen, auf denen sich COVID-19 mehr oder weniger ungehindert ausbreiten konnte. Im März 2020 wurden daher weltweit umfangreiche Kontakt- und Ausgangssperren verhängt, Geschäfte geschlossen und der Grenzverkehr in Europa strikt limitiert, um die Verbreitung einzudämmen.

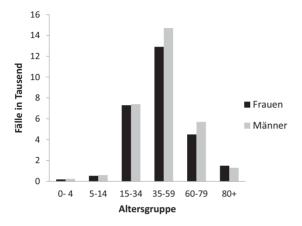


Abbildung 1.4: Altersverteilung von COVID-Infektionen in Deutschland (Stand: April 2020, Daten: RKI) Mit freundlicher Genehmigung von V. Stefanski

Besonders gefährdet sind ältere Menschen (Abbildung 1.4) und Menschen mit Vorerkrankungen wie Herz-Kreislauferkrankungen, Diabetes mellitus, Lungenerkrankungen oder Krebs.

Aktuelle Fallzahlen finden Sie auf der Seite des Robert-Koch-Instituts (https://www. rki.de) und der Johns Hopkins University (https://coronavirus.jhu.edu/map. html)

Erreger	Wirt	Zwischenwirt	Fälle global <sup>1)</sup>	Übertragung von Mensch zu Mensch	Letalität
SARS	Fledermaus	Schleichkatzen	8.096	mittel	11 %
MERS	Fledermaus	Dromedare	2.494	gering	34,4 %
COVID-19	Fledermaus	Pangoline	1,3 Millionen	hoch	5,4 %

Tabelle 1.1: Neue Corona-Viruserkrankungen im Vergleich (1) Stand: 6. April 2020, Daten: RKI und Johns Hopkins University)

#### Der Infektionsverlauf

SARS-CoV-2 infiziert die oberen und unteren Atemwege und verursacht nach einer Inkubationszeit von typischerweise 5 bis 6 (1 bis 14) Tagen meistens grippeähnliche Symptome:

- Fieber, Schüttelfrost
- Trockener Husten
- Allgemeines Krankheitsgefühl, Gliederschmerzen

- ✔ Durchfall, Erbrechen, Übelkeit
- ✓ Störungen des Geruchs- und Geschmackssinns

Bei schweren Infektionen der tieferen Atemwege kann die Erkrankung aber auch innerhalb weniger Tage einen sehr viel dramatischeren Verlauf nehmen – es kommt zu Lungenentzündungen bis hin zu akutem Lungenversagen. All diese Anzeichen können auftreten; sie müssen es aber nicht, was die Diagnose sehr erschwert. Insgesamt ist COVID-19 anfangs nur kaum von einer Influenza-Erkrankung oder einer gewöhnlichen Erkältung zu unterscheiden. Besonders problematisch sind die lange Inkubationszeit und auch die damit verbundene Tatsache, dass Erkrankte oft zahlreiche andere Menschen infizieren können, bevor sie als Überträger identifiziert werden.

Die Übertragung erfolgt über **Tröpfchen**, wenn ein infizierter Mensch hustet, niest oder sich einfach nur in geringer Entfernung mit einem anderen Menschen unterhält. Noch ist nicht geklärt, wie lange sich COVID-Erreger in der Luft halten können. Ein zweiter Infektionsweg sind **Schmierinfektionen** über kontaminierte Oberflächen, wenn der Erreger über die Hand ins Gesicht gelangt. Wie lange das Virus auf Oberflächen überleben kann und welche Erregerdosis ausreicht, um eine Infektion auszulösen, ist noch nicht bekannt.

Auch eine Übertragung vom Menschen auf Haustiere (Hund, Katze) wurde mittlerweile bestätigt; bei diesen nimmt die Erkrankung jedoch einen milden Verlauf.

#### Warum unterscheiden sich die Sterberaten?

Die Letalität für COVID-19 liegt weltweit bei derzeit 5,4 Prozent (Stand: 6. April 2020), doch zwischen einzelnen Ländern zeigen sich erhebliche Unterschiede. Während in Italien 12,3 Prozent der Infizierten verstarben, sind es in Deutschland derzeit 1,6 Prozent, in Österreich 1,7 Prozent und in der Schweiz 3,3 Prozent. Das kann mehrere Ursachen haben:

- ✓ Ein Problem ist, dass noch niemand die Dunkelziffer erkrankter Menschen abschätzen kann. Laut Robert-Koch-Institut könnte die Zahl der tatsächlich Infizierten etwa 10fach höher sein als die offizielle Zahl, denn nur, wer positiv getestet wurde, geht auch in die Statistik ein. Und getestet wird nur derjenige, der spezifische Symptome zeigt, Kontakt mit einem Infizierten hatte oder sich in den letzten 14 Tagen in einem Risikogebiet aufgehalten hat.
- ✓ In Deutschland, Österreich und der Schweiz wurde schon sehr früh im Verlauf der Epidemie und generell häufiger getestet, sodass auch leichtere Fälle entdeckt werden. Zudem waren in Italien besonders ältere Menschen betroffen (Durchschnittsalter 63 Jahre, in Deutschland 47 Jahre), was darauf hindeutet, dass in Italien jüngere Patienten mit wenigen Symptomen nicht als infiziert entdeckt worden sind.
- ✓ Weitere wichtige Faktoren dürften auch die Effizienz des Gesundheitssystems wie die Anzahl an Intensivbetten oder die Ausstattung mit Beatmungsgeräten sein. Wenn diese nicht in ausreichernder Menge vorhanden sind, müssen Ärzte die schwere Entscheidung treffen, welche Notfallpatienten beatmet werden können und welche nicht.

## Warum ist der COVID-Erreger so gefährlich?

Die gewöhnlichen humanen Coronaviren verursachen nur leichte Erkrankungen, ganz anders als der COVID-19-Erreger. Letzterer nutzt als Eintrittspforte in die Zellen des Respirationstraktes den ACE2-Rezeptor der menschlichen Zellen (Angiotensin-konvertierendes Enzym 2-Rezeptor). Diesen Rezeptor verwendet auch der SARS-Erreger, allerdings sind einige wenige Aminosäuren in der Rezeptorbindungsstelle des COVID-Erregers anders, was seine höhere Infektiosität erklären könnte. Die Bindung an die menschliche Zielzelle scheint etwa 10- bis 20-fach stärker zu sein als bei dem SARS-Erreger.



Menschen, die aufgrund einer Infektion Immunität gegen SARS erlangt haben, sind daher nicht gegen COVID-19 immun.

#### Was hat der ACE2-Rezeptor mit der Lungenfunktion zu tun?

Angiotensin II kann mit unterschiedlichen Folgen an zwei verschiedene Zellrezeptoren binden, den Angiotensin II-Rezeptor (ACE2-Rezeptor) und den ACE1-Rezeptor. Eine Bindung an den ACE1-Rezeptor fördert Lungenödeme und Gewebeschäden, während die Bindung an ACE2-Rezeptoren die entzündliche Reaktion reduziert.

Das Enzym ACE hat eine Art Schutzfunktion; es wandelt das lungenschadende Angiotensin II in das entzündungshemmende Angiotensin<sub>1-7</sub> um, das nicht mehr an den ACE1-Rezeptor binden kann. Wenn SARS-Erreger an den ACE2-Rezeptor binden, wird dieser zum einen in seiner Funktion beeinträchtigt. Zum anderen wird in der Zelle die ACE-Produktion herunter reguliert. Damit wird weniger Angiotensin II in Angiotensin, aumgewandelt, was zu mehr Zellschäden führt.



Humane Coronaviren, die leichte Atemwegsinfekte hervorrufen, binden nicht den ACE2-Rezeptor, sondern nutzen andere Rezeptoren auf der Zelloberfläche.

## Testverfahren, Medikamente und **Impfstoffe**

Ziemlich sicher sind Menschen (so zeigt die Erfahrung mit anderen Coronaviren) nach einer überstandenen Infektion für eine Weile immun. Bei SARS und den humanen Coronaviren hält der Schutz nach einer überstandenen Infektion für etwa zwei bis drei Jahre an. Derzeit gilt es dringend, geeignete, schnelle Nachweisverfahren und einen effektiven Impfstoff zu entwickeln, der auch den Teil der Bevölkerung schützt, der noch keine eigene Immunität aufgebaut hat und/oder besonders gefährdet ist.

#### Nachweis einer COVID-19-Infektion

Ob eine COVID-19-Infektion vorliegt, wird über einen Abstrich aus dem Nasen- oder Rachenbereich oder des ausgehusteten Sekrets untersucht. Mit der Probe wird im Labor eine Polymerase-Kettenreaktion (genauer gesagt, eine Real-Time Reverse Transkriptase- oder rRT-PCR) durchgeführt, bei der einige kurze Sequenzen des Virus-Genoms wie zum Beispiel des Spike-Proteins und der RNA-Polymerase vervielfältigt werden. Eine PCR ist das schnellste und sicherste Verfahren, um den Erreger direkt nachzuweisen. In sehr frühen Stadien der Krankheit kann der Test allerdings noch negativ ausfallen.

Im April 2020 soll ein molekulardiagnostischer Schnelltest erhältlich sein, der innerhalb von zweieinhalb Stunden SARS-CoV-2 und weitere Erreger von Atemwegerkrankungen aus Rachenabstrichen mit einer Genauigkeit von über 95 Prozent nachweisen kann.

Kürzlich zugelassen wurde auch ein SARS-CoV-2-ELISA, der Antikörper gegen Teile des Spike-Proteins nachweist und damit anzeigt, ob eine Person infiziert oder sogar bereits immun gegen COVID-19 ist.

In der Entwicklung sind zudem serologische Schnelltests, die ähnlich wie ein Schwangerschaftstest für die Anwendung zuhause konzipiert sind und in einem Tropfen Blut das Vorhandensein von COVID-spezifischen Antikörpern anhand einer Farbmarkierung anzeigen. Ein Nachteil dieses Schnelltests ist allerdings, dass die Antikörperproduktion des Körpers etwa sieben bis zehn Tage dauert und der Patient bereits infiziert sein kann, bevor der Test anschlägt. Vor den bislang im Internet angebotenen Schnelltests raten Wissenschaftler generell eher ab, wenn diese nicht validiert sind:

- Sie reagieren möglicherweise falsch negativ, selbst wenn eine Infektion vorliegt.
- Sie fallen möglicherweise falsch positiv aus, weil es in der Vergangenheit eine Infektion mit einem der verwandten Erkältungsviren gegeben hat.

## Medikamente gegen COVID-19

Die Entwicklung eines neuen Medikaments bis zu seiner Zulassung ist ein langer Prozess wenn es um Leben und Tod geht, ist daher der bessere Weg, bereits etablierte Medikamente im Hinblick auf ihre mögliche Wirksamkeit gegen den neuen Erreger zu testen.

Ein Kandidat ist das Ebola-Medikament Remdesivir, das sich in ersten klinischen Tests als vielversprechend gegen COVID-19 erwiesen hat (während die Wirksamkeit gegen Ebola eher gering ist und Remdesivir daher damals keine Zulassung bekam).



Remdesivir ist ein Nukleosidanalogon, genauer gesagt, ein Adenin-Analogon. Remdesivir wirkt virostatisch, da es selektiv die virale RNA-Polymerase hemmt, die das Virus zur mRNA-Synthese und zur Replikation benötigt. Weitere Nukleosidanaloga sind beispielsweise Galidesivir (Adenin-Analogon) oder die Guanin-Analoga Favipiravir und Ribavirin.

Andere vielversprechende Wirkstoffe setzen an anderen Stellen des Infektionszyklus an:

- Hemmung der Virusreplikation (zum Beispiel Baloxavirmarboxil)
- Hemmung der Fusion mit der Wirtszelle (die Malaria-Mittel Chloroquin und Hydroxychloroquin)
- ✓ Hemmung der viralen Protease (Lopinavir, ein HIV-Medikament)
- ✓ Gegen die schweren Lungenentzündungen, die bei COVID-19-Patienten auftreten, könnten Immunmodulatoren wie beispielsweise Sarilumab oder Tocilizumab gute Wirkung zeigen, die starke Entzündungsreaktionen blockieren.



Sarilumab und Tocilizumab sind monoklonale Antikörper gegen den Interleukin-6-Rezeptor zur Behandlung der rheumatoiden Arthritis. Der immunmodulatorische Wirkstoff begrenzt eine überschießende Abwehrreaktion des Körpers, die zusätzlichen Schaden in der Lunge anrichten kann.

## **Impfstoffentwicklung**

Wie bei der Medikamentenentwicklung ist die Produktion eines geeigneten Impfstoffs ein langwieriges Verfahren; bei Ebola dauerte es fast fünf Jahre, bevor ein Impfstoff zur Verfügung stand. In den meisten Fällen ist ein möglicher Kandidat innerhalb weniger Monate im Labor entwickelt und wird zunächst an Mäusen getestet. Landesbehörden erteilen eine Herstellungserlaubnis, und auch die Ethikbehörden müssen zustimmen.

Nun geht der Impfstoff in die klinischen Prüfungen; in Phase I sind es 20 bis 100 gesunde Erwachsene, in Phase II mehrere Hundert bis Tausend Probanden. Hier wird untersucht, wie verträglich der Impfstoff ist und welche Nebenwirkungen auftreten. In Phase III mit mehreren Tausend Probanden wird schließlich getestet, ob der Impfstoff wirksam und verträglich genug für eine breite Anwendung ist. Erst dann kann ein Zulassungsantrag bei der Europäischen Arzneimittelagentur (EMA) gestellt werden.

Im Fall von COVID-19 wird das Zulassungsverfahren aufgrund der aktuellen Gefährdungslage derzeit erheblich beschleunigt; zudem kann hier auf die Erfahrungen mit anderen Impfstoffen gegen die sehr ähnlichen Erkrankungen SARS oder MERS zurückgegriffen werden. Derzeit arbeiten etwa 50 Forschungsgruppen weltweit mit unterschiedlichen Ansätzen an einem Impfstoff gegen SARS-CoV-2.

### Geeignete Strukturen für die Impfstoffentwicklung

Für einen Impfstoff bietet sich vor allem das Spike-Protein auf der Virusoberfläche an, denn dieses Protein nutzt das Virus als Eintrittspforte in die Lungenzellen. Zur Impfstoffentwicklung gibt es mehrere Möglichkeiten:

als Lebendimpfstoff mit einem Vektorvirus: In diesem Fall wird das Gen für das Spike-Protein in ein Virus eingebaut, der bei Menschen keine Erkrankung auslösen kann.

- ✓ als *Todimpfstoff*: Dazu werden **Virusproteine** mit dem Impfstoff verabreicht; dieser Ansatz scheint aber momentan für COVID-19 nicht die erste Wahl zu sein.
- als genbasierter Impfstoff: Der Impfstoff enthält eine kurze mRNA, die für einen Teil des viralen Spike-Proteins kodiert. Körperzellen produzieren das virale Protein, das vom Immunsystem aber als »fremd« erkannt wird. Die Antikörper, die das Immunsystem im Folgenden gegen das fremde Protein bildet, sollen den Menschen vor einer Infektion mit dem echten Erreger schützen.

Trotzdem bleibt immer die Sorge, dass sich auch der neue COVID-19-Erreger hinsichtlich seiner Übertragbarkeit und Virulenz mit der Zeit durch Mutationen weiter verändern könnte und der mögliche Impfstoff, wenn er endlich verfügbar ist, nur noch begrenzte Wirksamkeit zeigt (wie bei Grippeviren ja auch).

## Generelle Schutzmaßnahmen

In etlichen Ländern gelten mittlerweile Ausgangssperren oder Ausgangsbeschränkungen, um die weitere Ausbreitung von COVID-19 einzugrenzen. Wie die Maßnahmen im Einzelfall gestaltet sind, unterscheidet sich auch zwischen den Bundesländern.

Die wichtigsten Schutzmaßnahmen im Alltag erschließen sich schnell bei einem Blick auf die Verbreitungswege von COVID-19: über den engen Kontakt zu anderen Menschen und durch Schmierinfektion. Zu den effektiven Maßnahmen zählen daher vor allem:

- Vermeiden Sie engen Kontakt zu anderen Menschen, halten Sie Abstand (1,50 bis 2 Meter)!
- ✓ Meiden Sie Menschenansammlungen (auch im Rahmen privater Zusammenkünfte)
- Desinfizieren Sie Ihre Hände regelmäßig oder waschen Sie diese gründlich für mindestens 30 Sekunden!
- ✓ Vermeiden Sie Gegenstände, die von zahlreichen Menschen berührt werden (Handläufe, Einkaufswagen, Türklinken). Fassen Sie sich nicht mit der Hand ins Gesicht.
- ✓ Niesen Sie nicht in die Hand, sondern in die Ellenbogenbeuge.



Coronaviren sind behüllte Viren, die sich einfacher inaktivieren lassen als unbehüllte Viren. Zur Händedesinfektion reicht ein Desinfektionsmittel mit mindestens 62 Prozent Ethanol.

Umfangreiche Verhaltensempfehlungen finden Sie unter anderem unter https://www. infektionsschutz.de/fileadmin/infektionsschutz.de/Downloads/ Merkblatt-Verhaltensregeln-empfehlungen-Coronavirus.pdf oder auf der Website des Robert-Koch-Instituts (www.RKI.de).