

NR. 68

GEOkompakt

Die Grundlagen des Wissens



ISBN 978-3-8352-0100-1

Die größten Erfolge der Medizin

Wie wir lernen, immer mehr
Krankheiten zu heilen

Quarantäne bei **Seuchen**

Künstliche Intelligenz gegen **Krebs**

Der Segen von **Impfungen**

Die erste **Herztransplantation**

GEOkompakt Die größten Erfolge der Medizin

68

Deutschland 11,00 € • Österreich 12,50 € • Schweiz 18,60 sfr • Benelux 12,90 € • Italien/Spanien/Portugal (cont.) 14,90 €

Mehr wissen, erfahren und erleben – die Vielfalt von GEO

**Jetzt Wunsch-Magazin aus der GEO-Familie portofrei
liefern lassen und Prämie zur Wahl sichern!**



Deutschlands Reportagemagazin Nr.1 mit opulenten Bildern und starken Geschichten, die einen die Welt mit anderen Augen sehen lassen.

3 x GEO für 16,90 €



Inspirierende Reisetipps für nah und fern mit anspruchsvollen Berichten und hervorragenden Bildern aus der ganzen Welt.

3 x GEO SAISON für 14,90 €



In seinem Magazin nimmt Sie Bestsellerautor Peter Wohlleben mit in den Wald, auf die Wiese, ins Watt, Gebirge, Moor und aufs Meer.

3 x WOHLLEBENS WELT für 21,- €



Das einzigartige Magazin für Erstleser ab 5 Jahren. Mit großer Themenvielfalt, kurzen Texten sowie lustigen Rätseln & Spielen.

5 x GEOLINO MINI für 20,- €



- 1** GEO-Baumspende, GEO pflanzt einen Baum in Nepal
Ohne Zuzahlung



- 2** Amazon.de-Gutschein, Wert: 5,- €
Ohne Zuzahlung

**+ Prämie
zur Wahl**



- 3** Broste Copenhagen-Bowl „Nordic Sea“, Ø ca. 11 cm
Zuzahlung: nur 1,- €

Weitere GEO-Magazine und Prämien zur Wahl finden Sie online

Jetzt bestellen:

www.geo.de/familie oder +49 (0) 40 / 55 55 89 90

Bitte Bestell-Nr. angeben:
GEO 200 8326
GEO SAISON 200 8386
WOHLLEBENS WELT 201 0306
GEOLINO MINI 201 5207

Alle Preisangaben inklusive MwSt. und Versand – ggf. zzgl. einmalig 1,-€ Zuzahlung für die Prämie. Änderungen vorbehalten. Es besteht ein 14-tägiges Widerrufsrecht. Zahlungsziel: 14 Tage nach Rechnungserhalt. Anbieter des Abonnements ist Gruner + Jahr GmbH. Belieferung, Betreuung und Abrechnung erfolgen durch DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH als leistenden Unternehmer.



Liebe Leserin, lieber Leser,

dieses Heft kann Mut machen. Denn es zeigt, wie seit Jahrhunderten und in immer größerem Tempo Innovationen dazu beitragen, die Gesundheit zu erhalten oder wiederherzustellen. Und es stellt Frauen und Männer vor, die Risiken in Kauf nahmen und ihre Karriere dem Wunsch widmeten, anderen Menschen zu helfen.

Wie Andreas Grüntzig. Im Jahr 1977, da arbeitete der junge Kardiologe in Zürich, war die „Verkalkung“ der Herzkranzgefäße eine noch viel gravierendere Erkrankung als heute. Wer Glück hatte, bekam einen Termin für eine Bypassoperation. Grüntzig ersann eine neue Methode: die Ballondilatation. Am heimischen Küchentisch bastelte er mit Schläuchen, Garn und Sekundenkleber, probierte die Operation an Hunden, dann an seinem ersten Patienten. Heute ist die Behandlung weltweit Standard, bei der Verengungen von Herzkranzgefäßen mit einem durch einen Katheter eingeführten Ballon geweitet werden.

Unzählige Patienten verdanken Grüntzig und seinem Einfall ihr Leben (siehe Seite 134).

Ebenso bedeutend: Impfungen! In Rekordzeit entwickelten Labore jüngst die Corona-Vakzine (siehe Seite 6). Doch sie sind natürlich nicht die ersten Impfstoffe gegen lebensbedrohliche Erkrankungen. Dank der Polio-Impfung gehört die Kinderlähmung bei uns weitgehend der Vergangenheit an, die Pocken sind offiziell ausgerottet und die Masern zumindest in vielen Industriestaaten weitgehend eingedämmt.

An vielen Krankheiten muss niemand mehr so leiden wie einst oder sterben – wenn man bereit ist, vom Fortschritt der Medizin zu profitieren. Welche Folgen es haben kann, Erkenntnisse zu ignorieren, zeigt aber ein Fall aus dem Jahr 1720. Während der Pestepidemie war die Quarantäne erfunden worden – doch ein Kapitän hielt es nicht für nötig, sich daran zu halten. Die Folgen waren verheerend (siehe Seite 20).

Viel Freude bei der spannenden Zeitreise durch die Medizingeschichte.

Siebo Heinken
Redaktion GEOkompakt



GEO+

Die ganze Wissenswelt
von GEO auf einer
neuen Onlineplattform:
geo.de/plus



GEOkompakt erscheint viermal
pro Jahr. Hier geht's zum Abo:
geo.de/kompakt-im-abo

[66]

Endlich richtig sehen

In Indien erholen sich Jugendliche von ihrer Operation. Sie litten am grauen Star – bald können sie ihre Umgebung erkennen



[38]

Greifen wie früher

Künstliche Gliedmaßen werden durch Muskeln und Nerven gesteuert. Sie sind nur ein Beispiel für den Einsatz von Robotertechnik in der Medizin



[112]

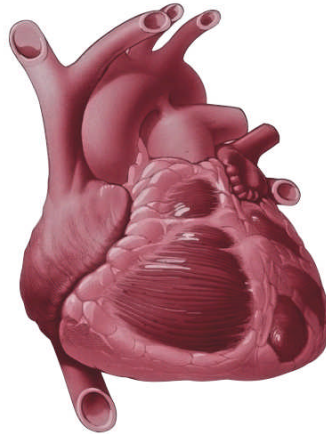
Vererbtes Leiden

In einer Großfamilie stirbt jeder Zweite an Bluthochdruck. Ein Berliner Arzt kommt der Ursache auf die Spur

[96]

Ein neues Herz!

Christiaan Barnard wagt 1967 die erste Transplantation des zentralen Organs



[06]

Schutz gegen Corona

Der Kampf gegen das Virus hält die Welt in Atem. Noch nie wurden so schnell Impfstoffe entwickelt

[134]

Der Erfinder

Was tun bei »Verkalkung« von Herzkranzgefäßen? Der Kardiologe Andreas Grüntzig ersinnt eine Therapie: die Ballondilatation



[20]

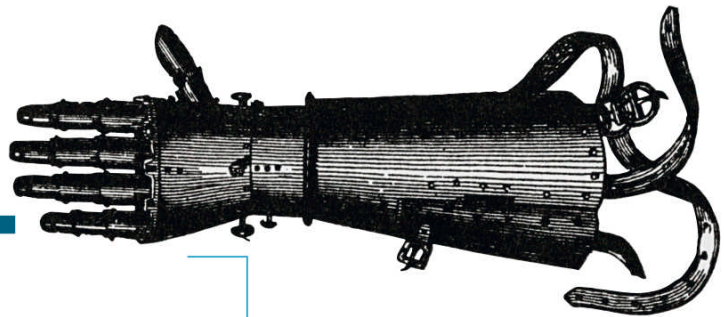
In Isolation

Bei der Ebola-Epidemie zählt die Quarantäne zum wichtigsten Schutz. Erdacht wurde die Maßnahme während der Pest



INHALT

NR. 68



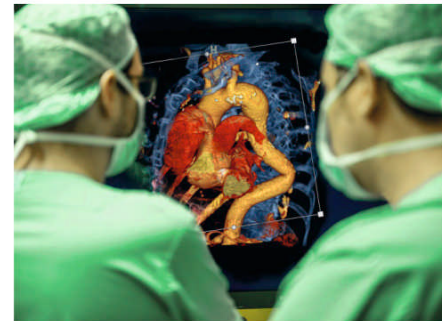
[108]

Ersatz aus Eisen

Als Götze von Berlichingen im Kampf seine rechte Hand verliert, fertigt ein Schmied eine ganz erstaunliche Prothese

Innovationen retten seit Jahrhunderten schon Leben

Impfung	Weshalb das Vakzin gegen Corona so rasch zur Verfügung steht	6
Quarantäne	Die Idee stammt aus dem Mittelalter – und wirkt noch immer	20
Frühe Heilkunst	Schon die Neandertaler beginnen, einander zu pflegen	28
CRISPR	Schwere Leiden sollen durch den Eingriff ins Erbgut geheilt werden	30
Roboter	Maschinen lassen Gelähmte laufen. Sie operieren sogar	38
Anatomie	Ein Professor aus Padua bildet erstmals präzise den Körper ab	52
Vitamine	Mangelkrankungen führen auf die Spur der lebenswichtigen Stoffe	60
Cholera	Die Seuche zieht um die Welt, und sie verändert unsere Städte	64
Grauer Star	Die Behandlung der Volkskrankheit zeigt, wie wir sehen lernen	66
Krebstherapie	Am Anfang steht ein hochtoxischer Kampfstoff	78
Anästhesie	Als eine Operation zum ersten Mal keine Schmerzen verursacht	88
Ayurveda	Eine uralte Heilmethode nimmt den ganzen Menschen in den Blick	94
Herztransplantation	Sie macht den Chirurgen Christiaan Barnard zum Star	96
Prothesen	Das Werk eines Schmieds wird zum Prototypen bei Kriegsversehrten	108
Bluthochdruck	Wie kommt es zu einer seltenen Form dieser Krankheit?	112
Chinesische Medizin	Die Erfolgsgeschichte einer fernöstlichen Idee	124
Künstliche Intelligenz	Macht Informatik die Medizin wieder menschlicher?	126
Ballondilatation	Die Idee eines Arztes rettet unzählige Herzranke	134
Psychologie	Sigmund Freud dringt in unkartierte Bereiche der Seele vor	144



[126]

Schlaue Maschinen

Wie künstliche Intelligenz Krankheiten erkennt und hilft, Leiden zu behandeln

[52]

Blick ins Innere

Ein neuer Kosmos:
Im 16. Jahrhundert entdeckt
die Wissenschaft
das Innere des Körpers

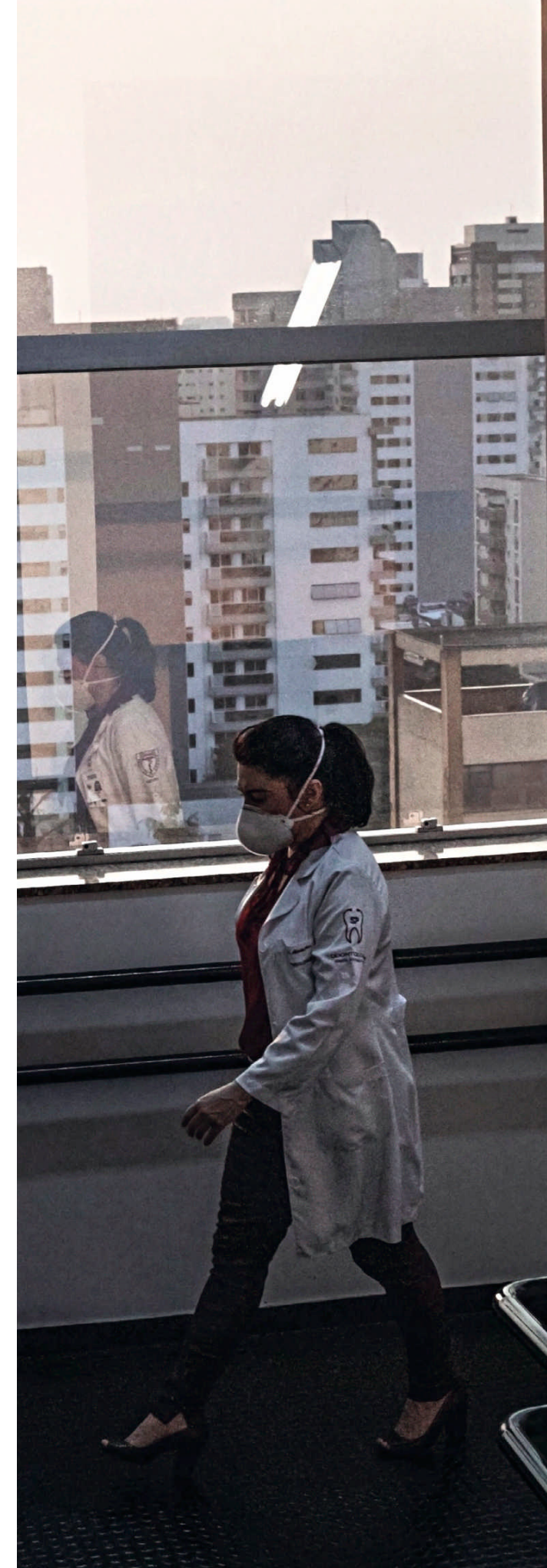


Die Welt von GEO 146 Impressum, Bildnachweis 133

Fakten und Daten in diesem Heft sind vom Quality Board für GEOkompakt auf Präzision, Relevanz und Richtigkeit überprüft worden. Kürzungen in Zitaten werden nicht kenntlich gemacht. Redaktionsschluss dieser Ausgabe: 6. August 2021. Weitere Informationen zum Thema und Kontakt zur Redaktion: www.geokompakt.de.

Eine Impfung für die Welt

Die Mundchirurgin Denise Abranches aus São Paulo war die erste Probandin einer Phase-3-Studie in Südamerika. Als das Virus in Brasilien wütete, sagte sie: »Ich nehme an der Studie teil, damit das Leid endlich aufhört«

A woman in a white lab coat and a grey face mask is walking on a balcony. In the background, there is a city skyline with several high-rise buildings under a clear sky. Another person in a lab coat and mask is visible in the background, slightly out of focus.

Anfang des Jahres
2020 erreichte die
Corona-Pandemie aus
China kommend
fast alle Kontinente.
Überall begannen
Forscher, **fieberhaft
einen Impfstoff
gegen die Seuche zu
entwickeln.** Dass er
schon bald zur
Verfügung stand, grenzt
an ein Wunder

Text: Vivian Pasquet und Martin Schlak,
Fotos: Ian Cheibub

E

Ende 2020 reihte sich im Kampf gegen das Coronavirus ein Meilenstein an den anderen: „Forscher testen Corona-Impfstoff an Frettchen“. „Tübinger Impfstofffirma startet Studie am Menschen“. Schließlich die bislang hoffnungsvollsten Nachrichten: Der Impfstoff der Firma Moderna erreicht 95 Prozent Schutzwirkung. Pfizer und Biontech erhalten die weltweit erste Zulassung für einen Covid-19-Impfstoff von der britischen Regulierungsbehörde. Und während die Behörden auch in der EU und den USA erste Zulassungsanträge prüften, arbeiteten Unternehmen und Forschergruppen an mehr als 280 weiteren Impfstoffkandidaten. Ein weltweiter Kraftakt, der seinesgleichen sucht. Und eine einmalige Erfolgsgeschichte.

Die Entwicklung eines jeden Impfstoffs beginnt damit, den Feind kennenzulernen. Der Erste, der das neuartige Coronavirus identifizierte, war der Virologe Yong-Zhen Zhang vom Institut für öffentliche Gesundheit in Shanghai, China. Er betreibt ein virologisches Überwachungsnetzwerk mit Stationen im ganzen Land. Regelmäßig schicken

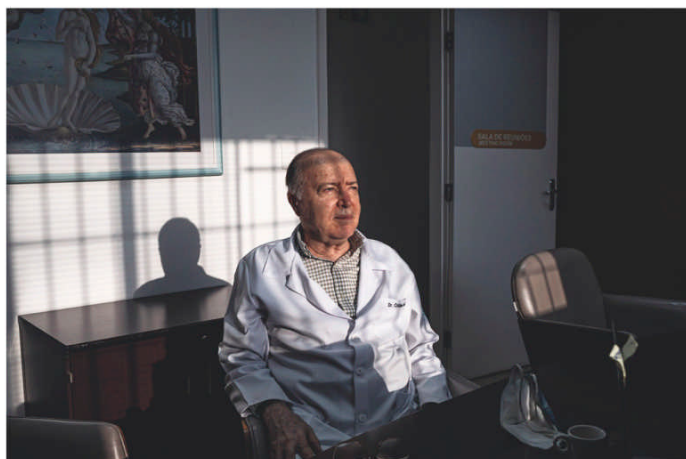
ihm lokale Gesundheitsbehörden Lungen von Ratten, Herzen von Fledermäusen und manchmal auch menschliche Proben, 10 000 im Jahr. Zhang untersucht die Einsendungen auf neuartige Erreger.

Am 3. Januar 2020 traf eine Metallkiste in seinem Labor ein. Sie enthielt, gekühlt mit flüssigem Stickstoff, Flüssigkeit aus der Lunge von Patienten in Wuhan. Ärzte hatten sie bei einer Untersuchung gewonnen, einer Lungenspülung. Für Zhangs Team begann eine Routinearbeit: die Krankheitserreger genetisch zu bestimmen. Dass eine der Proben ein bisher unbekanntes Virus enthielt, wusste Zhang zu diesem Zeitpunkt nicht. Zhangs Team brauchte zur Entschlüsselung des neuen Virengenoms dank modernster Geräte nicht einmal zwei Tage. Sein Telefon klingelte am 5. Januar, um zwei Uhr morgens. Eine Mitarbeiterin redete aufgeregt auf ihn ein. Zhang fuhr ins Labor, schaute auf den genetischen Code. Er sagt: „Ich wusste sofort, dass ich hier etwas Großes vor mir hatte.“

Das Erbgut von Sars-CoV-2 besteht aus 29 903 Basen, abgekürzt mit den Buchstaben A, G, C und U. Die Reihenfolge der Buchstaben verrät, wie das Virus aufgebaut ist, wie es an Wirtszellen andockt und wie es sich vermehrt. Aber

Mitarbeiterinnen des brasilianischen Testzentrums notieren für die Impfstoffstudie von Biontech/Pfizer Daten zu den Blutproben der Probanden. Anschließend wurden die Proben in die USA verschickt, um dort weiter untersucht zu werden

Ein Moment der Ruhe: Normalerweise geht es hektisch zu im Testzentrum für klinische Studien in São Paulo, das Christiano Zerbini leitet. Hier werden Studienteilnehmer geimpft. Brasilien spielte eine wichtige Rolle in der Entwicklung der Impfstoffe



auch, wo es verwundbar ist. Yong-Zhen Zhang erkannte anhand des Codes außerdem, dass Sars-CoV-2 sich leicht über die Atemwege verbreiten und somit hochansteckend sein würde. Sofort warnte er die Verantwortlichen in Wuhan, wo bereits Berichte über eine mysteriöse Lungenkrankheit im Umlauf waren.

Sechs Tage später, am 11. Januar, als die Fallzahlen stiegen, sprach Zhang mit einem australischen Forscherkollegen. „Wir müssen veröffentlichen“, sagte er. Eine Stunde später ging ein Eintrag in einem Virologieforum online: „Im Namen des Konsortiums geführt von Professor Yong-Zhen Zhang“. Das Genom von Sars-CoV-2 stand nun erstmals für Impfstoffforscher aus der ganzen Welt zum Download bereit.

Seit der Erfindung von Impfstoffen vor mehr als zwei Jahrhunderten geht es immer um das Gleiche: eine harmlose Kopie eines Krankheitserregers zu entwickeln und diese Kopie so in den Körper einzuschleusen, dass unser Immunsystem reagiert. Dabei bilden sich Abwehrzellen und spezielle Eiweiße, Antikörper genannt. Sie verteidigen uns im Ernstfall gegen den echten Erreger.

Mit jeder neuen Krankheit mussten Forscher eine neue Erregerkopie bauen, jedes Mal mussten sie neu überlegen, wie die Kopie im Körper eine ausreichend starke Immunantwort hervorrufen kann. Ein zeitraubender, aufwendiger Prozess.

Schon in den 1990er Jahren stellten sich Wissenschaftler deshalb eine visionäre Frage: Was, wenn man eine Art



Die Krankenschwester Antonia da Silva Cruz (rechts) und ihre Kolleginnen kämpften während der ersten Corona-Welle in der Uniklinik São Paulo gegen das Virus

universelles Transportvehikel für Erregerkopien schüfe? Eine Art Verpackung, in die man später nur noch passende Bruchstücke des Angreifers würde einsetzen müssen? Und was, wenn man für den Bau dieser Bruchstücke das Genom des Erregers benutzen würde, die genaueste Anleitung, die es in der Welt des Lebendigen gibt? Dies ist die Idee einer „Impfplattform“, von der oft die Rede ist.

Für Sars-CoV-2 lässt sich als Verpackung ein harmloses Virus wählen und der genetische Code für ein bestimmtes Oberflächenmerkmal des bösartigen Erregers in dieses einsetzen. Diese Plattform heißt Vektor-Impfung. So ging etwa ein Forscherteam der Universität Oxford vor, das mit dem Pharmakonzern AstraZeneca kooperiert und einen der ersten Impfstoffe gegen das Virus produzierte.

Es gibt aber auch eine Verpackung, die selbst aus einem Stück genetischem Code besteht, aus dem Botenmolekül mRNA. In dieses Molekül setzt man ein Stück Bauplan des neuartigen Erregers ein. Diese Technologie bezeichnet man als mRNA-Impfung. Wie auch bei der Vektor-Impfung werden durch sie einige unserer Zellen zu mikroskopischen Fabriken und produzieren kleine Eiweißbruchstücke des Virus. Den Eiweißen, die mithilfe des Virusbauplans gebaut werden, fehlen sämtliche krank machenden Eigenschaften, doch das Immun-

Es geht darum,
eine harmlose
Kopie
des Erregers
herzustellen



Während der ersten Hochphase der Pandemie in Brasilien mussten Patienten häufig von den Krankenzimmern auf die Intensivstation verlegt werden. Die Krankenschwester Antonia da Silva Cruz (Mitte) hat keine Ahnung, wie viele Menschen sie beim Sterben begleitete







Auf der Intensivstation im Universitätskrankenhaus von São Paulo tragen vermummte Pflegerinnen und Pfleger Patientendaten zusammen. Weil sie dem Virus täglich begegnen, meldeten sich viele von ihnen freiwillig, um an Impfstoffstudien teilzunehmen

system erkennt sie als körperfremd und lernt so, auch das echte Virus abzuwehren. Die mRNA wird anschließend von der Zelle zerlegt, von ihrem Code bleibt nichts zurück. Auf diese Technologie setzen Moderna und Biontech.

Doch den eigentlichen Pionier der mRNA-Plattform findet man ganz im Süden von Deutschland, in Tübingen. Dort sitzt die im Jahr 2000 gegründete Firma Curevac. Ihr

Einen wichtigen
Impfstoffpionier
findet man ganz
im **Süden**
von Deutschland:
die Firma Curevac

Mitgründer Ingmar Hoerr erkannte bereits im Jahr 2000, dass er mithilfe künstlicher mRNA eine Virusattacke simulieren und so eine Antwort des Immunsystems nach seinen Wünschen auslösen könnte. Mariola Fotin-Mleczek ist technische Leiterin und Vorständin von Curevac. Jahrelang, erzählt sie, hätten sie nach der Gründung der

Firma an einer scheinbar simplen Aufgabe gearbeitet: eine Balance zu finden.

Spritzt man Viren-RNA pur, also fast ohne mRNA-Verpackung, reagieren die Zellen kaum. Sie bilden zu wenige Virenbruchstücke, und es findet keine Immunreaktion statt. Entwirft man dagegen eine besonders auffällige Verpackung, wird der normale Zellstoffwechsel gestört. Es ist ein sensibles Gleichgewicht, es zu finden ein experimenteller Ausdauersport.

F

Fotin-Mleczeks Team baute an die Verpackung Teile an. Es erprobte, ob gefaltete mRNA-Stränge besser funktionierten, und schützte sie mit einer Hülle aus Fettstoffen vor vorzeitigem Zerfall. „Am Anfang waren wir überzeugt, dass es einfacher wird“, sagt Fotin-Mleczek. Mitte Juni 2021 dann die Nachricht: Der Curevac-Impfstoff blieb hinter den Erwartungen zurück, erreichte eine Wirksamkeit von gerade einmal 48 Prozent.

Doch schon längst hatten auch andere Firmen das Forschungsgebiet für sich entdeckt, darunter Biontech aus Mainz. Biontech war weltweit das erste Unternehmen, das für seinen Corona-Impfstoff das Ergebnis einer Phase-3-

Studie verkündete. Einer seiner Gründer ist Uğur Şahin, Professor für Onkologie – und mit seinem Firmenanteil an Biontech nun mehrfacher Milliardär.

Zum Experten für Coronaviren wurde Şahin in drei Tagen. Ende Januar stieß er auf einen medizinischen Bericht über eine chinesische Familie, in der sich der Erreger blitzschnell verbreitet hatte. Er recherchierte zu „Wuhan“ und fand: internationaler Flughafen, Verkehrsknotenpunkt, Gefahr weltweiter Ausbreitung.

Şahin studierte, wie Impfstoffkandidaten gegen die verwandten Infektionskrankheiten Sars und MERS funktionierten. Fand die Arbeit des Chinesen Zhang. Schnitt Informationen zum Bau verschiedener Virenbruchstücke aus, variierte seine Plattformen.

Am 27. Januar wurde aus Bayern der allererste Corona-fall in Deutschland gemeldet. Şahin informierte die Führungskräfte seiner Firma. Man steuere auf eine Pandemie zu, sagte er. Er habe schon Designs für Impfstoffkandidaten

Die Ärztin Denise Abranches arbeitete eng mit Covid-19-Patienten zusammen. Sie pflegte Wunden, die durch die Beatmung entstehen – und behandelte auch mal einen kranken Zahn, um zusätzliche Infektionen zu vermeiden

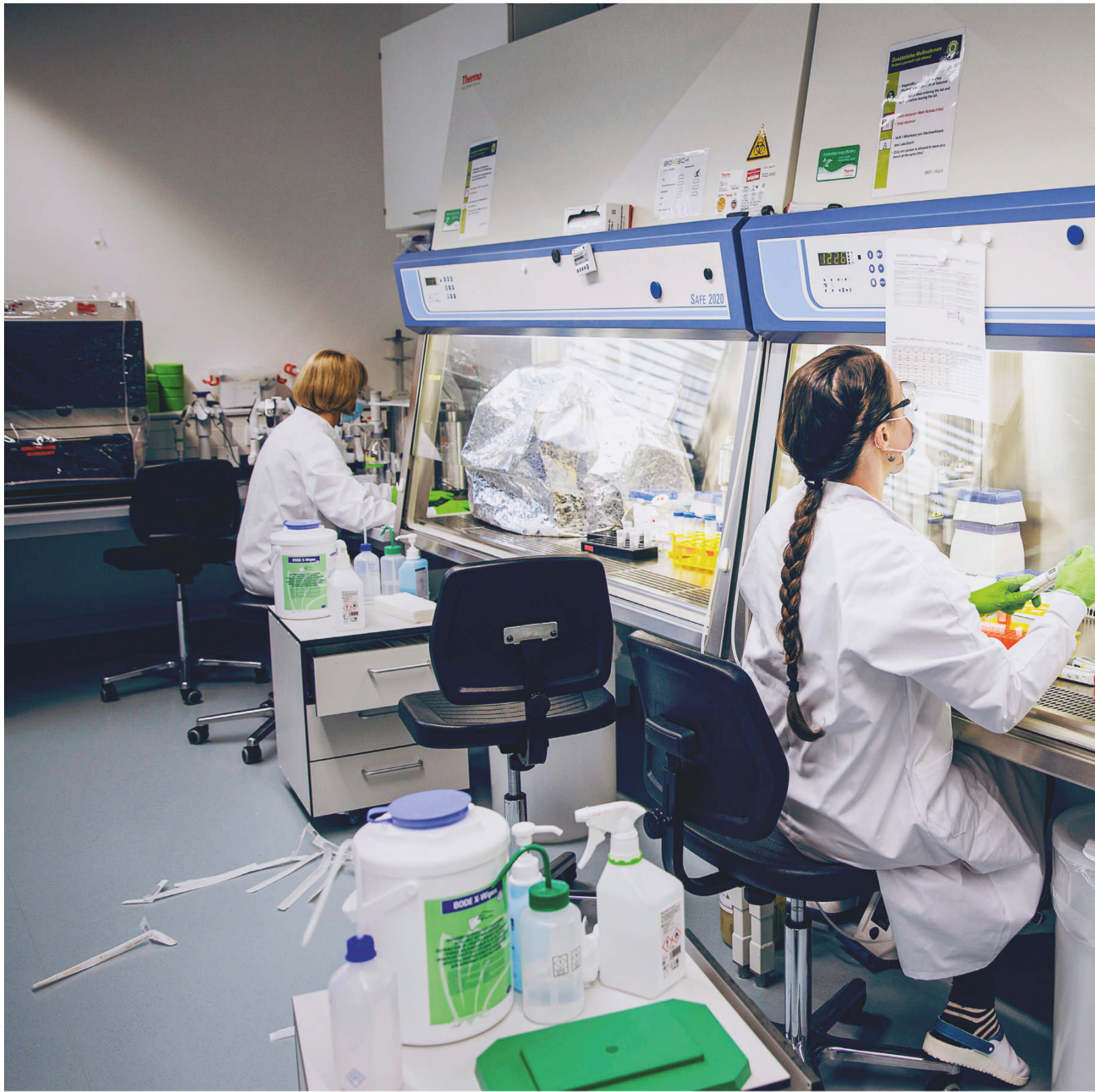


Die in Brasilien von Biontech/Pfizer-Probanden gesammelten Blutproben werden später in den USA unter anderem auf Antikörper untersucht

vorbereitet; man dürfe keine Zeit verlieren, müsse sofort mit der Entwicklung beginnen.

Bald waren 400 Spezialisten mit der Covid-19-Impfung beschäftigt. Während eine Gruppe schon mit der Zulassungsbehörde über Studien am Menschen sprach, wartete die Gruppe, die mit Tieren arbeitet, noch auf einen Durchbruch: dass endlich jemand Mäuse züchten würde, die an Covid-19 erkranken könnten. Während eine Gruppe Zellkulturen auf Antikörper untersuchte, schrieb die andere schon an Anträgen für Behörden. Und als erste Versuchs-





In der Impfwerkstatt: Mithilfe von Zellkulturen überprüfen Labormitarbeiterinnen der Mainzer Firma Biontech verschiedene Impfstoffkandidaten. Das Unternehmen war das erste, das eine Zulassung für seinen mRNA-Impfstoff gegen das neuartige Coronavirus erhielt