

# Die Impfung gegen COVID-19 in Deutschland zeigt eine hohe Wirksamkeit gegen SARS-CoV-2-Infektionen, Krankheitslast und Sterbefälle

## Analyse der Impfeffekte im Zeitraum Januar bis Juli 2021

### Zusammenfassung

Basierend auf den Ergebnissen einer mathematischen Modellierung wurden Effekte der Impfung gegen Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) auf den Pandemieverlauf in Deutschland im Zeitraum Januar bis Juli 2021 quantifiziert. Es wurde modelliert, wie der Verlauf der dritten Welle gewesen wäre, hätte die Impfkampagne nicht stattgefunden. Aus den Analysen ergibt sich, dass die Impfkampagne bisher geschätzt 706.000 Meldefälle, 76.600 stationäre und etwa 19.600 intensivmedizinische Fälle sowie mehr als 38.300 Sterbefälle verhindert hat. Insbesondere in der Altersgruppe  $\geq 60$  Jahre wurde die Anzahl der zu erwartenden Fälle für jeden der genannten Endpunkte um mehr als 40 % reduziert. Diese hohe Effektivität der COVID-19-Impfkampagne verdeutlicht eindrucksvoll, dass Impfungen den Weg aus der Pandemie ebnen.

### 1 Hintergrund

Im Januar 2020 wurde die erste Infektion mit dem damals neuartigen Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus 2 (SARS-CoV-2) in Deutschland gemeldet. Das klinische Krankheitsbild einer Infektion (COVID-19) variiert zwischen Husten, über den Verlust des Geruchs- und/oder Geschmackssinns bis hin zu Atemnot, die einen stationären Aufenthalt und eine hochkomplexe medizinische Versorgung notwendig machen.<sup>1</sup> In einigen Fällen bleibt eine Infektion ohne Symptome. Genesene berichten von anhaltenden kognitiven Einschränkungen wie beispielsweise Leistungsschwäche und -defizite sowie ausgeprägte Müdigkeit (Fatigue) sowohl bei schweren, als auch nach milderem Verläufen.<sup>2,3</sup> Um die Bevölkerung vor den akuten und langfristigen Auswirkungen einer COVID-19-Infektion zu schützen, sind zum einen präventive Maßnahmen wie Kontaktbeschränkungen sowie das Einhalten der AHA+L-Regeln (Abstand halten, Hygiene beachten, Alltag mit Maske, Lüften) und zum anderen eine

Schutzimpfung notwendig, um die Pandemie langfristig einzudämmen.

Am 27. Dezember 2020 startete in Deutschland die bundesweite Impfkampagne gegen COVID-19 zunächst mit dem Impfstoff der Firma BioNTech/Pfizer. Mittlerweile haben insgesamt vier Impfstoffe die Zulassung für Personen ab 16 bzw. 18 Jahren erhalten: Die Zwei-Dosis Impfstoffe Comirnaty (mRNA), Spikevax (mRNA) und Vaxzevria (Adenovirus-Vektor) und der Ein-Dosis Impfstoff COVID-19 Vaccine Janssen (Adenovirus-Vektor). Im Juni bzw. im August dieses Jahres erhielten Comirnaty bzw. Spikevax die erweiterte Zulassung für die Altersgruppe 12 bis 17 Jahre.

Aufgrund der initial limitierten Impfstoffmengen empfahl die Ständige Impfkommission (STIKO), dass zunächst Personen mit einem besonders hohen Risiko für einen schweren COVID-19-Verlauf sowie Personen, die aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit einem hohen Risiko ausgesetzt sind oder in engem Kontakt zu besonders gefährdeten Personen stehen, geimpft werden sollten.<sup>1</sup> Im Juni 2021 wurde diese Priorisierung gefährdeter Personen aufgehoben. Seitdem besteht für jede Person, die bereit ist sich impfen zu lassen, die Möglichkeit, eine Impfung zu erhalten.<sup>4</sup>

Zu Beginn der Impfkampagne wurden die Impfungen gegen COVID-19 in Impfzentren, durch mobile Teams oder in Krankenhäusern durchgeführt. Seit April dieses Jahres konnten zunächst niedergelassene Ärztinnen und Ärzte und einige Wochen später auch Betriebsärztinnen und -ärzte in die Impfkampagne einbezogen werden, wodurch im Maximum bis zu 1,4 Millionen Dosen am Tag verimpft werden konnten. Im Juli dieses Jahres hat die Anzahl der täglich verimpften Dosen auf einen wöchentlichen Durchschnitt von unter 500.000 pro Tag abgenommen, sodass mittlerweile das Angebot an Impfstoff

fen die Nachfrage übersteigt. Insgesamt wurden bis zum Ende der 30. Kalenderwoche dieses Jahres 109.610.230 Impfdosen ausgeliefert, von denen bereits 85 % verimpft worden sind. Damit konnten bisher 85,2 % der Personen  $\geq 60$  Jahren, 62,3 % der 18- bis 59-Jährigen und 21 % der Kinder und Jugendlichen im Alter von 12 bis 17 Jahren mindestens einmal geimpft werden.<sup>5,6</sup>

Rund sieben Monate nach Beginn der Impfkampagne sind Anfang August dieses Jahres 53 % der Bevölkerung vollständig gegen COVID-19 geimpft, ein guter Zeitpunkt um die Effekte der bisherigen Impfkampagne auf Bevölkerungsebene zu analysieren. Diese Analyse erfolgt in der vorliegenden Publikation mit Hilfe eines mathematischen Modells.

## 2 Methodik

Um die bereits erzielten Effekte der Impfkampagne abschätzen zu können, wurde mit Hilfe eines erweiterten SEIR-Modells (engl. *Susceptible*  $\rightarrow$  *Exposed*  $\rightarrow$  *Infectious*  $\rightarrow$  *Recovered*) eine Analyse durchgeführt. Die detaillierte Modellstruktur sowie die zugrundeliegende Methodik wurden bereits veröffentlicht.<sup>7,8</sup>

Das Modell unterteilt die Bevölkerung in 16 Altersgruppen mit jeweils drei Risikogruppen (kein/moderates/hohes Risiko für einen schweren COVID-19-Verlauf). Diese Unterteilung ermöglicht es, dass Impfstoffe sowohl alters- als auch risikobezogen der Modellbevölkerung zugeordnet werden können.

Das Modell unterscheidet zwischen den bereits zugelassenen Impfstoffen Comirnaty, Spikevax, Vaxzevria und COVID-19 Vaccine Janssen, wodurch (i) die Liefermengen der einzelnen Hersteller, (ii) die impfstoffspezifischen Empfehlungen der STIKO und die anfängliche Priorisierung besonders gefährdeter Personen, (iii) die Impfquoten verschiedener Alters- und Risikogruppen sowie (iv) die altersspezifischen Wirksamkeiten jeweils nach der ersten und zweiten Impfdosis berücksichtigt werden können.

Basierend auf den Angaben des Bundesministeriums für Gesundheit zu den bereits ausgelieferten Impfdosen und den Informationen zu den täglich verabreichten Impfdosen erfolgt die Verteilung der verfügbaren Impfstoffe in der Modellbevölkerung

über einen separaten Verteilungsalgorithmus unabhängig von den tatsächlich verimpften Impfstoffen: Dieser berücksichtigt neben der anfangs empfohlenen Priorisierung und der Aufhebung dieser Priorisierung im Verlauf auch die zeitlich variierenden Empfehlungen der STIKO hinsichtlich der Altersbeschränkungen und dem Abstand zwischen der ersten und zweiten Impfdosis. Die Priorisierung umfasst neben individuellen Risiken auch eine berufliche Indikation. In der Modellierung wird angenommen, dass sich Personen mit beruflicher Indikation im Hinblick auf Infektionsrisiko und Risiken für einen schweren Verlauf nicht von der Allgemeinbevölkerung unterscheiden. Zu Beginn der Impfkampagne mit dem Vektor-basierten Impfstoff Vaxzevria wurde dieser aufgrund fehlender Evidenz von der STIKO nur für Personen unter 65 Jahren empfohlen.<sup>9</sup> Im März 2021 wurde eine generelle Empfehlung für alle Altersgruppen ausgesprochen.<sup>10</sup> Seit Anfang April bzw. seit Mai 2021 werden die Impfstoffe Vaxzevria und COVID-19 Vaccine Janssen nur bei Personen  $\geq 60$  Jahren eingesetzt.<sup>11,12</sup> Im Modell können die variierenden Empfehlungen der STIKO abgebildet werden. Nicht direkt abgebildet wird die von der STIKO empfohlene Kombination von Vaxzevria als erste Dosis gefolgt von einem mRNA-Impfstoff (sog. heterologes Impfschema).<sup>13</sup> Der Abstand zwischen der ersten und zweiten Dosis eines Vektor-basierten Impfstoffes wurde zum 1. Juli dieses Jahres auf vier Wochen reduziert, um das heterologe Impfschema zu simulieren. Übersteigt die Verfügbarkeit des Impfstoffes den täglichen Bedarf, so wird zunächst der Impfstoff mit der höheren Wirksamkeit verimpft.

Die Wirksamkeit einer COVID-19-Impfung setzt sich aus verschiedenen Komponenten zusammen:

- ▶ Schutz vor Infektion (d. h. Reduktion der Suszeptibilität)
- ▶ Schutz vor einem symptomatischen Verlauf (d. h. Reduktion des Anteils symptomatischer Fälle und Zunahme asymptomatischer Verläufe)
- ▶ Schutz vor Hospitalisierung
- ▶ Reduktion der Infektiosität von Personen, die sich trotz Impfung infizieren

Einen Überblick über die verwendeten Effektivitäten der einzelnen Impfstoffe nach Alter und der

| Wirksamkeit gegen             | mRNA    | AstraZeneca | Janssen           |
|-------------------------------|---------|-------------|-------------------|
| SARS-CoV-2-Infektion          | 72/92   | 67/67       | 74                |
| COVID-19 (12 bis 17 Jahre)    | 93/100  | –           | –                 |
| COVID-19 (18 bis 60 Jahre)    | 93/95,6 | 73/83       | 66,1 (<65 Jahre)  |
| COVID-19 (≥ 60 Jahre)         | 90/90   | 73/83       | 66,2 (≥ 65 Jahre) |
| Hospitalisierung (< 70 Jahre) | 85/87   | –           | 100               |
| Hospitalisierung (≥ 70 Jahre) | 71/71   | –           | 100               |
| Hospitalisierung (< 80 Jahre) | –       | 94/94       | –                 |
| Hospitalisierung (≥ 80 Jahre) | –       | 81/81       | –                 |
| SARS-CoV-2-Infektiosität      | 25%/50% | 25%/50%     | 25%               |

**Tab. 1** | Parameterwerte für die kumulativen Wirksamkeiten der im Modell berücksichtigten Impfstoffe nach erster bzw. zweiter Impfdosis, Modellierung der Effekte der COVID-19-Impfung im Zeitraum 1. Januar bis 15. Juli 2021

Anzahl verabreichter Impfdosen liefert **Tabelle 1**.<sup>14,15</sup> Die Wirksamkeit der Impfung tritt im Modell jeweils 14 Tage nach der vollständigen Impfung ein.

In der Altersgruppe 12 bis 17 Jahre wurde eine Impfbereitschaft von 20 % bzw. 85 % bei Personen ohne bzw. mit Vorerkrankungen angenommen. Basierend auf Daten aktueller Surveys wurde für Personen zwischen 18 bis 59 Jahren eine Impfbereitschaft von 85 % und für Personen ≥ 60 Jahre eine Impfbereitschaft von 90 % angenommen.<sup>16</sup> Kinder im Alter von 0 bis einschließlich elf Jahren erhalten in der Modellierung keinen Impfstoff.

Im Modell wurden zusätzlich zur Impfkampagne nicht-pharmakologische Maßnahmen abgebildet, deren Ziel es ist, die Anzahl der für die Übertragung einer COVID-19-Infektion relevanten Kontakte zu reduzieren. Hierzu zählen die bundesweiten Kontaktbeschränkungen bis März 2021 und deren anschließenden Lockerungen, die sog. Bundesnotbremse sowie das Einhalten der AHA+L-Regeln. Im Modell führen außerdem Verhaltensänderungen der Bevölkerung, beispielsweise an Feiertagen und während der Schulferien, zu einer Reduzierung der Fallzahlen. Hierzu wurde im Modell die Anzahl der täglichen Kontakte pro Person so adjustiert, dass die vom Modell prognostizierten Daten mit den tatsächlichen Daten eine hohe Übereinstimmung aufweisen.

Der Verlauf der dritten Welle, die ungefähr vom 15. März bis 30. April 2021 andauerte, wurde maßgeblich durch das Auftreten neuer Virusvarianten und einer Reduktion der Infektiosität in den Sommermonaten beeinflusst. Im Modell wird daher ange-

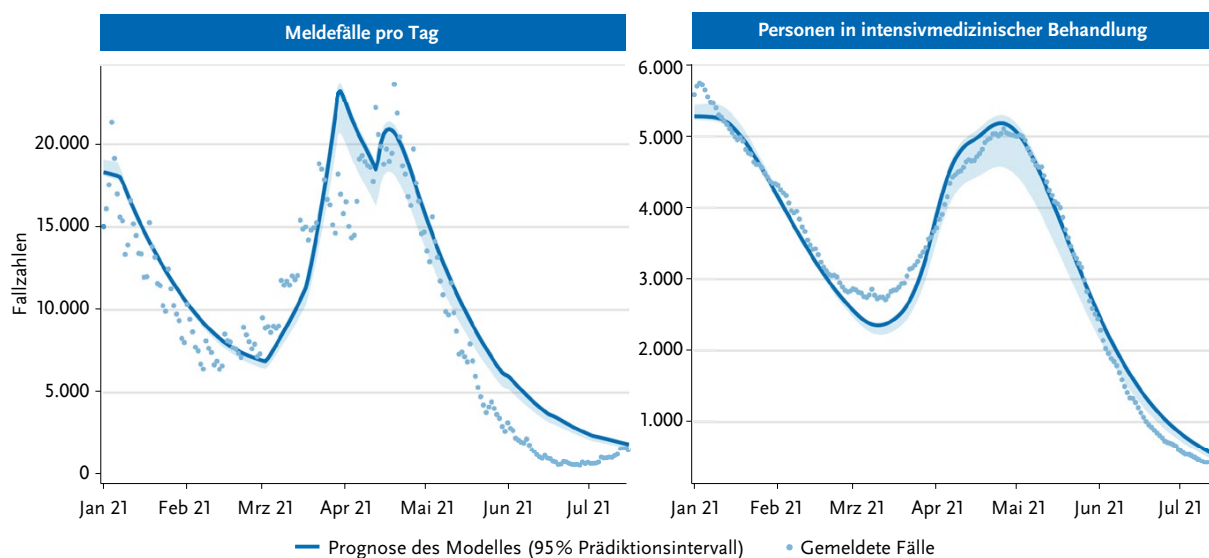
nommen, dass sich im ersten Quartal 2021 in Deutschland die Alpha-Variante ausgebreitet hat und deren Transmissionswahrscheinlichkeit um insgesamt 35 % im Vergleich zur Ursprungsvariante erhöht war. Für die im Juni 2021 neu aufgetretene Delta-Variante wird eine 40 % höhere Transmissionswahrscheinlichkeit im Vergleich zur Alpha-Variante und ein Ausbreitungszeitraum vom 15. Juni bis zum 15. August angenommen. In den Sommermonaten (Mai bis September) wird eine Reduktion der Infektiosität um 42 % angenommen (saisonaler Effekt).<sup>17</sup>

Um den Effekt der Impfkampagne zu quantifizieren, wurden mit Hilfe des Modells zwei Szenarien berechnet: Das erste Szenario beinhaltet die Impfkampagne, während im zweiten Szenario ohne Impfkampagne, d.h. ohne Impfstoff, modelliert wurde. Es wurde angenommen, dass über die o.g. nicht-pharmakologischen Maßnahmen hinaus keine weiteren Maßnahmen ergriffen worden wären, hätte die Impfkampagne nicht stattgefunden. Modelliert wurden die durch die Impfkampagne bereits verhinderten Meldetfälle, die stationär versorgten und die intensivmedizinisch behandelten Fälle sowie Sterbefälle für den Zeitraum vom 1. Januar bis zum 15. Juli 2021.

### 3 Ergebnisse

#### Vergleich der Modellprädiktion mit den gemeldeten Fallzahlen

Im Zeitraum 1. Januar bis 15. Juli 2021 wurden dem Robert Koch-Institut (RKI) insgesamt 1.892.806 Fälle und 46.650 Sterbefälle gemeldet.<sup>18</sup> Das Modell berechnet unter Berücksichtigung der voranschrei-



**Abb. 1** | Vergleich der vom Modell berechneten (inkl. 95%-Prädiktionsintervall) mit den gemeldeten Meldefällen und ITS-Betten Belegung durch COVID-19-Patientinnen und -Patienten im Zeitraum 1. Januar bis 15. Juli 2021

tenden Impfkampagne für diesen Zeitraum 2.143.924 [95 % Prädiktionsintervall: 1.959.175, 2.189.726] Meldefälle, 128.737 [95 % Prädiktionsintervall: 118.572, 132.258] stationär behandelte Patientinnen und Patienten sowie 44.975 [95 % Prädiktionsintervall: 41.939, 46.603] Sterbefälle. Damit überschätzt das Modell die Meldefälle um 13,3 % (251.118 Fälle) und unterschätzt die Sterbefälle um 3,6 % (1.675 Fälle).

Abbildung 1 zeigt den Vergleich der berechneten mit den tatsächlich gemeldeten Meldezahlen und der Auslastung der Intensivstationen (ITS) über den ausgewählten Zeitraum hinweg. Das Modell bildet die tatsächliche Belegung der ITS-Betten durch COVID-19-Patientinnen und -Patienten gut ab, überschätzt allerdings die Meldefälle.

### Vergleich der Fallzahlentwicklung mit und ohne Impfkampagne

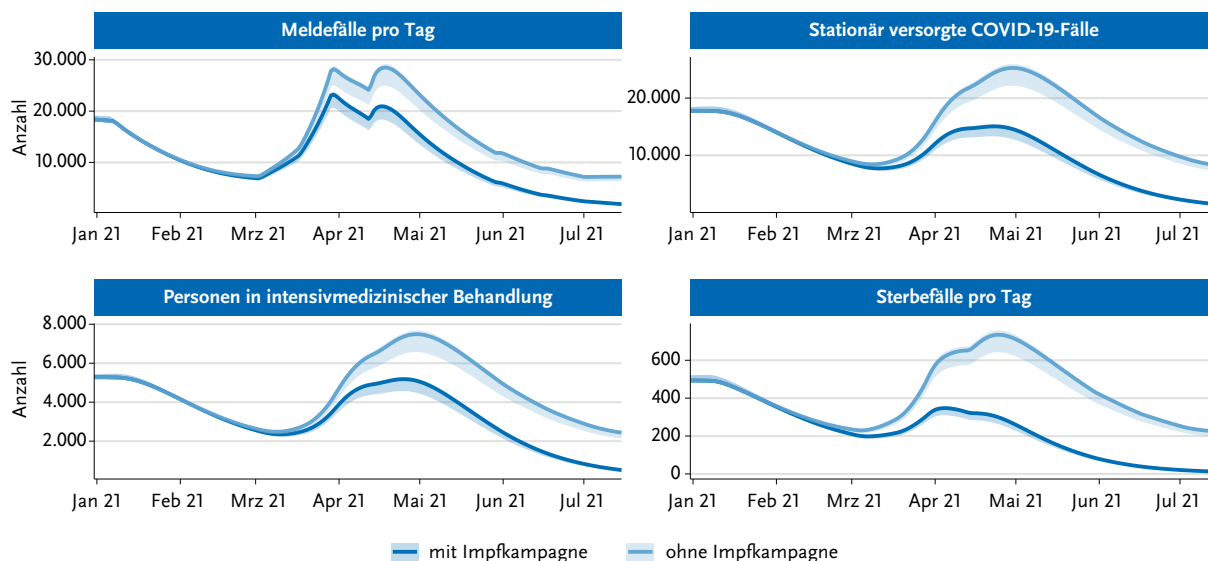
Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Verlauf der dritten Welle, die in etwa zwischen dem 15. März bis zum 30. April stattfand, jeweils mit und ohne Impfkampagne. Aufgrund der zunächst limitierten Impfstoffverfügbarkeit, aber auch der sinkenden Fallzahlen, ist ein Effekt der Impfkampagne erst ab März 2021 erkennbar.

Im Hinblick auf die Meldefälle, die sowohl symptomatische als auch asymptomatische Fälle beinhalten, wäre die Intensität der dritten Welle ohne Impf-

kampagne vermutlich ähnlich der der zweiten Welle (ca. 1. Dezember 2020 bis 15. Januar 2021) gewesen: In der zweiten Welle wurden dem RKI ein Höchststand von 28.019 (14. Dezember 2020) Neuinfektionen gemeldet. Ohne Impfkampagne prognostiziert das Modell für die dritte Welle einen Maximalwert von 28.492 [95 % Prädiktionsintervall: 24.960, 29.182] Neuinfektionen. Unter Berücksichtigung der Impfkampagne reduziert sich dieser Wert auf 23.224 [95 % Prädiktionsintervall: 20.695, 23.712] Meldefällen innerhalb eines Tages.

Insbesondere die hospitalisierten Fälle wurden durch die Impfkampagne deutlich reduziert: Sie führte dazu, dass die modellierten Maximalwerte der zeitgleich belegten Krankenhausbetten von 25.264 [95 % Prädiktionsintervall: 22.150, 25.946] auf 17.774 [95 % Prädiktionsintervall: 17.553, 18.494] und die der ITS-Betten von etwa 7.490 [95 % Prädiktionsintervall: 6.570, 7.677] auf 5.280 [95 % Prädiktionsintervall: 5.231, 5.443] reduziert werden konnten. Damit übersteigt der berechnete Maximalwert ohne Impfkampagne den bisher tatsächlich gemeldeten Höchststand der ITS-Bettenbelegung von 5.745 COVID-19-Patientinnen und -Patienten am 3. Januar 2021 um das 1,3-fache.<sup>19</sup>

Der vermutlich stärkste Effekt der Impfkampagne wird bei der Betrachtung der täglichen Sterbefälle deutlich: Das Modell berechnet für die dritte Welle



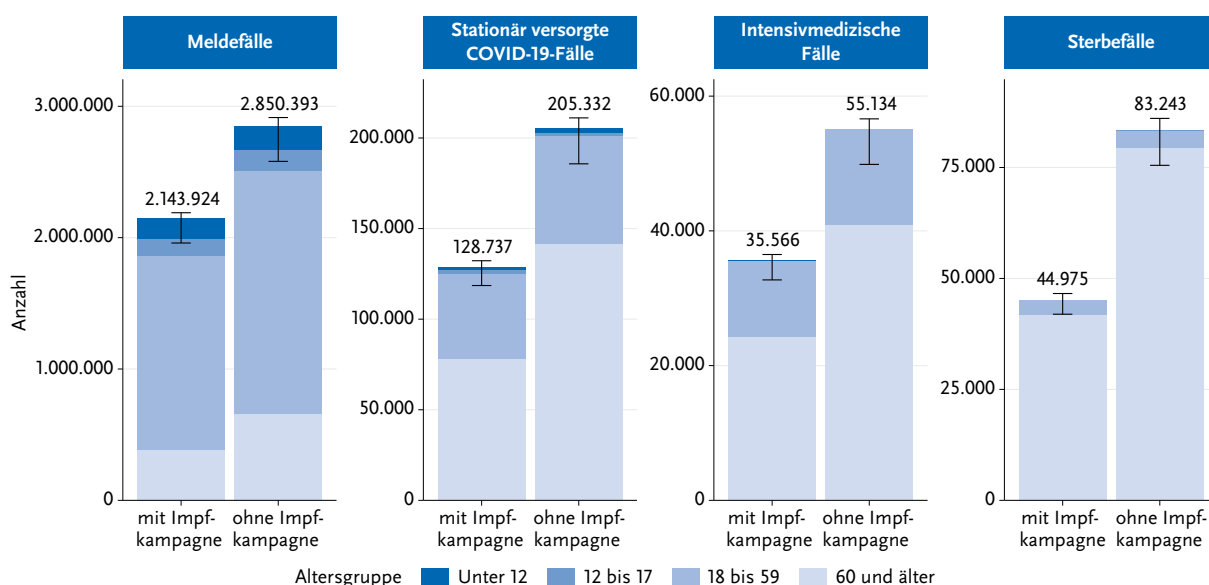
**Abb. 2** | Entwicklung der COVID-19 bezogenen Meldefälle, stationär und intensivmedizinisch versorgten Fälle sowie Sterbefälle im Zeitraum 1. Januar bis 15. Juli 2021 mit und ohne Impfkampagne.

mit Impfkampagne einen maximalen Wert von 347 [95 % Prädiktionsintervall: 310, 358] und ohne Impfkampagne von 735 [95 % Prädiktionsintervall: 642, 757] Todesfällen an einem Tag. Damit wurde der Maximalwert der dritten Welle um 47 % reduziert.

Abbildung 3 sowie Tabelle 2 stellen die Anzahl der verhinderten Fälle in den ersten 6,5 Monaten der Impfkampagne 2021 dar. Durch die Impfkampagne konnten insgesamt circa 706.469 [95 % Prädiktions-

intervall: 621.495; 725.647] Meldefälle, 76.595 [95 % Prädiktionsintervall: 67.173, 78.846] stationäre und etwa 19.568 [95 % Prädiktionsintervall: 17.146, 20.134] intensivmedizinische Fälle sowie mehr als 38.268 [95 % Prädiktionsintervall: 33.543, 39.455] Sterbefälle verhindert werden.

Die verhinderten Fälle betreffen aufgrund der empfohlenen Priorisierung von besonders gefährdeten Personen größtenteils Menschen aus der Altersgruppe



**Abb. 3** | Schätzung der COVID-19-bedingten Meldefälle, stationär und intensivmedizinisch versorgten Fälle sowie Sterbefälle unter Berücksichtigung des 95% Prädiktionsintervalls zwischen dem 1. Januar und dem 15. Juli 2021 mit bzw. ohne Impfkampagne.

|                                   | Unter 12 Jahre                | 12 bis 17 Jahre               | 18 bis 59 Jahre                   | 60 Jahre und älter            | Gesamt                            |
|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Meldefälle</b>                 | –16,23 %<br>155.831 (186.016) | –15,28 %<br>131.642 (155.375) | –20,56 %<br>1.472.959 (1.854.102) | –41,44 %<br>383.491 (654.900) | –24,78 %<br>2.143.924 (2.850.393) |
| <b>Stationär versorgte Fälle</b>  | –15,47 %<br>1.993 (2.357)     | –14,57 %<br>1.815 (2.124)     | –20,64 %<br>47.156 (59.420)       | –45,01 %<br>77.773 (141.431)  | –37,30 %<br>128.737 (205.332)     |
| <b>Intensivmedizinische Fälle</b> | –15,47 %<br>37 (44)           | –14,57 %<br>34 (39)           | –20,98 %<br>11.275 (14.268)       | –40,61 %<br>24.221 (40.782)   | –35,49 %<br>35.566 (55.134)       |
| <b>Sterbefälle</b>                | –14,34 %<br>10 (12)           | –12,70 %<br>7 (8)             | –19,59 %<br>3.181 (3.956)         | –47,30 %<br>41.777 (79.268)   | –45,97 %<br>44.975 (83.243)       |

**Tab. 2 |** Übersicht über die durch das Modell berechneten Meldefälle, stationär versorgte COVID-19-Patientinnen und -Patienten, intensivmedizinische Fälle und Sterbefälle sowie die relative Reduktion für den Zeitraum 1. Januar bis 15. Juli 2021 nach Altersgruppe mit Impfkampagne (in Klammern: ohne Impfkampagne)

pe  $\geq$  60 Jahre. In dieser Altersgruppe wurden für alle betrachteten Endpunkte die ohne Impfkampagne zu erwarteten Fällen um mehr als 40 % reduziert: Die Anzahl der Meldefälle reduzierte sich allein in dieser Altersgruppe um 271.408 [95 % Prädiktionsintervall: 237.665, 279.535] Meldefälle (41,44 %), die der Hospitalisierungen um 63.657 [95 % Prädiktionsintervall: 55.758, 65.609] (45,01 %), die der ITS-Fälle um 16.562 [95 % Prädiktionsintervall: 14.494, 17.058] (40,61 %) und die Sterbefälle sogar um 37.490 [95 % Prädiktionsintervall: 32.858, 38.660] (47,30 %).

Aber auch in den anderen Altersgruppen zeigten sich bereits deutliche Effekte. So konnten beispielsweise die Meldefälle der unter 12-Jährigen um 16,23 % (30.185 [95 % Prädiktionsintervall: 26.425, 30.925] Fälle) reduziert werden. Die stationär zu versorgenden, die intensivmedizinischen Fälle und die Sterbefälle wurden jeweils um etwa 15 % (365 [95 % Prädiktionsintervall: 319, 374] stationäre COVID-19-Fälle und 7 % [95 % Prädiktionsintervall: 6,7] intensivmedizinische Fälle) reduziert. Für diese Altersgruppe ist bisher kein Impfstoff zugelassen, sodass ein Schutz nur indirekt durch die Impfung von Personen in ihrem Umfeld möglich ist.

#### 4 Diskussion und Fazit

Die Impfkampagne erzielte bereits deutliche Effekte: Es wurden nicht nur 706.000 Meldefälle, 76.600 stationäre und etwa 19.600 intensivmedizinische Fälle sowie mehr als 38.300 Sterbefälle verhindert, sondern die Impfkampagne führte auch dazu, dass entgegen erster Befürchtungen das Ausmaß der dritten Welle das der zweiten Welle nicht übertraf.

Damit unterstützen unsere Daten eine vergleichbare Analyse, die kürzlich von *Public Health England* (PHE) veröffentlicht wurde. Die Autorinnen und Autoren kommen unter der Annahme, dass keine weiteren Maßnahmen ergriffen worden wären, zu dem Schluss, dass im Vereinigten Königreich bis zum 9. Juli 2021 durch die Impfkampagne 11.755.000 Infektionen und 36.900 Sterbefälle verhindert wurden.<sup>20</sup>

Da in unserem Modell verschiedene Parameter sowie Annahmen mit gewissen Unsicherheiten einfließen und sowohl das Szenario mit Impfkampagne als auch ohne Impfkampagne modelliert wurde, weichen die tatsächlichen Melde-, ITS- sowie Sterbefälle von den durch das Modell berechneten Fällen ab. Die Ergebnisse dieser Analyse dienen daher eher dem Vergleich der beiden Szenarien und sollten entsprechend interpretiert werden.

Eine Limitation der vorliegenden Modellierung ergibt sich aus der Verteilung der Impfstoffe und den hierbei zugrundeliegenden Annahmen: (i) Die Priorisierung wurde bis einschließlich der von der STIKO empfohlenen vierten Stufe eingehalten. (ii) Im Modell erhalten keine Personen < 60 Jahre einen Vektor-basierten Impfstoff. (iii) Ein heterologes Impfschema, d. h. die Kombination verschiedener Impfstoffe, ist nicht möglich. (iv) Alle verfügbaren Impfstoffe werden ohne Zeitverzug verimpft. Zudem wurde angenommen, dass ohne die Impfkampagne außer den bestehenden nicht-pharmakologischen Maßnahmen keine weiteren Maßnahmen getroffen worden wären.

Unsere hier präsentierten Daten belegen den überragenden Nutzen der COVID-19-Impfung bereits in

den ersten 6,5 Monaten der Impfkampagne in Deutschland 2021. Unter anderem aufgrund einer noch nicht ausreichend hohen Impfquote unter den 18- bis 59-Jährigen und der sich derzeit ausbreitenden Delta-Variante steigen jedoch die Fallzahlen aktuell wieder an und Deutschland steht am Anfang einer vierten Welle. Um das Ausmaß einer vierten Welle so gering wie möglich zu halten, ist es notwendig, dass der Anteil der geimpften Bevölkerung schnellstmöglich erhöht wird, sodass ein vollständiger Impfschutz bei einer möglichst hohen Anzahl an Menschen besteht. Im Rahmen einer mit diesem Modell durchgeführten und früher publizierten Analyse ist hierfür eine Impfquote von 85 % in der Altersgruppe 12 bis 59 Jahre und eine Impfquote

von 90 % bei Personen  $\geq 60$  Jahren notwendig.<sup>7</sup> Um dieses wichtige Ziel zu erreichen, ist es notwendig, dass neben den bereits bestehenden Impfangeboten in den Impfzentren, den Hausarztpraxen und in den Betrieben weitere aufsuchende Impfangebote gemacht werden. Hier stehen Angebote in Schulen, Alters- und Pflegeheimen sowie für marginalisierte Gruppen im Fokus. Dabei ist jedes zusätzliche Angebot für die Bevölkerung zu begrüßen, denn je schneller die erforderlichen Impfquoten erreicht werden, desto weniger Menschen werden infiziert und erkranken. Die Pandemie wird erst ein Ende finden, wenn die Bevölkerung eine Immunität aufgebaut hat.

## Literatur

- 1 Vygen-Bonnet S, Koch J, Bogdan C, Harder T, Heininger U, Kling K, et al. Beschluss und Wissenschaftliche Begründung der Ständigen Impfkommission (STIKO) für die COVID-19-Impfempfehlung. *Epid Bull.* 2021;2(3):63.
- 2 Hampshire A, Trender W, Chamberlain SR, Jolly AE, Grant JE, Patrick F, et al. Cognitive deficits in people who have recovered from COVID-19. *EClinicalMedicine.* 2021;101044.
- 3 Townsend L, Dyer AH, Jones K, Dunne J, Mooney A, Gaffney F, et al. Persistent fatigue following SARS-CoV-2 infection is common and independent of severity of initial infection. *PLOS ONE.* 2020;15(11):e0240784.
- 4 Vygen-Bonnet S, Koch J, Bogdan C, Heininger U, Littmann M, Meerpohl J, et al. Beschluss der STIKO zur 7. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Epid Bull.* 2021;25(3):13.
- 5 Digitales Impfquotenmonitoring zur COVID-19 Impfung.: Robert Koch-Institut; 2021 [04.08.2021]. Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Daten/Impfquoten-Tab.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Daten/Impfquoten-Tab.html).
- 6 Impfdashboard: Bundesministerium für Gesundheit; 2021 [04.08.2021]. Available from: <https://impfdashboard.de>.
- 7 Wichmann O, Scholz S, Waize M, Schmid-Küpke N, Hamouda O, Wieler LH, et al. Welche Impfquote ist notwendig, um COVID-19 zu kontrollieren? *Epid Bull.* 2021;27(3):13.
- 8 Scholz S, Waize M, Weidemann F, Treskova-Schwarzbach M, Haas L, Harder T, et al. Einfluss von Impfungen und Kontaktreduktionen auf die dritte Welle der SARS-CoV-2-Pandemie und perspektivische Rückkehr zu prä-pandemischem Kontaktverhalten. *Epid Bull.* 2021;13(3):22.
- 9 Vygen-Bonnet S, Koch J, Bogdan C, Harder T, Heininger U, Kling K, et al. Beschluss der STIKO zur 2. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Epid Bull.* 2021;5(3):79.
- 10 Vygen-Bonnet S, Koch J, Bogdan C, Harder T, Heininger U, Kling K, et al. Beschluss der STIKO zur 3. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Epid Bull.* 2021;12(13):25.
- 11 STIKO. STIKO zu COVID-19-Impfstoff Janssen, STIKO zum Einsatz der COVID-19-Impfstoffe in der Schwangerschaft, Pressemitteilung (10.05.2021) [04.08.2021]. Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/STIKO/Empfehlungen/PM\\_10052021.html](https://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/STIKO/Empfehlungen/PM_10052021.html).
- 12 STIKO. Beschluss der STIKO zur 4. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung (01.04.2021). Mitteilung der Ständigen Impfkommission am Robert Koch-Institut

- [04.08.2021]. Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/STIKO/Empfehlungen/Vierte\\_Empfehlung\\_2021-04-01.html](https://www.rki.de/DE/Content/Kommissionen/STIKO/Empfehlungen/Vierte_Empfehlung_2021-04-01.html).
- 13 Vygen-Bonnet S, Koch J, Bogdan C, Heininger U, Littmann M, Meerpohl J, et al. Beschluss der STIKO zur 8. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Epid Bull.* 2021;27(14):31.
- 14 Vygen-Bonnet S, Koch J, Berner R, Bogdan C, Harder T, Heininger U, et al. Beschluss der STIKO zur 6. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Epid Bull.* 2021;23(3):32.
- 15 Vygen-Bonnet S, Koch J, Bogdan C, Harder T, Heininger U, Kling K, et al. Beschluss der STIKO zur 4. Aktualisierung der COVID-19-Impfempfehlung und die dazugehörige wissenschaftliche Begründung. *Epid Bull.* 2021;16(3):78.
- 16 COVIMO – COVID-19 Impfquoten-Monitoring in Deutschland: Robert Koch-Institut; 2021 [02.08.2021]. Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Projekte\\_RKI/covimo\\_studie\\_Ergebnisse.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Projekte_RKI/covimo_studie_Ergebnisse.html).
- 17 Gavenčiak T, Monrad JT, Leech G, Sharma M, Mindermann S, Brauner JM, et al. Seasonal variation in SARS-CoV-2 transmission in temperate climates. *medRxiv.* 2021:2021.06.10.21258647.
- 18 Todesfälle nach Sterbedatum (29.7.2021): Robert Koch-Institut; 2021 [02.08.2021]. Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges\\_Coronavirus/Projekte\\_RKI/COVID-19\\_Todesfaelle.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Projekte_RKI/COVID-19_Todesfaelle.html).
- 19 DIVI-Intensivregister. Zeitreihen 2021 [04.08.2021]. Available from: <https://diviexchange.blob.core.windows.net/%24web/bundesland-zeitreihe.csv>.
- 20 Public Health England. COVID-19 vaccine surveillance report - Week 29 [04.08.2021]. Available from: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/1005085/Vaccine\\_surveillance\\_report\\_-\\_week\\_29.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1005085/Vaccine_surveillance_report_-_week_29.pdf).
- <sup>a)</sup> Robert Koch-Institut, Abt. 3 Infektionsepidemiologie, FG 33 Impfprävention  
<sup>b)</sup> Charité – Universitätsmedizin Berlin  
<sup>c)</sup> Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen, Berlin  
<sup>d)</sup> Institut für Epidemiologie und Sozialmedizin, Westfälische Wilhelms-Universität Münster  
<sup>e)</sup> Deutsches Zentrum für Infektionsforschung, TI BBD, Braunschweig  
<sup>f)</sup> Center for Health Economics Research Hannover, Leibniz Universität Hannover, Hannover sowie Bio-medical Research in End-Stage and Obstructive Lung Disease Hannover (BREATH), Deutsches Zentrum für Lungenforschung (DZL), Hannover  
<sup>g)</sup> Robert Koch-Institut
- Korrespondenz:** [WaizeM@rki.de](mailto:WaizeM@rki.de)
- 
- Vorgeschlagene Zitierweise**
- Waize M, Scholz S, Wichmann O, Harder T, Treskova-Schwarzbach M, Falman A, Weidemann F, Karch A, Lange B, Kuhlmann A, Jäger V, Wieler LH: Die Impfung gegen COVID-19 in Deutschland zeigt eine hohe Wirksamkeit gegen SARS-CoV-2-Infektionen, Krankheitslast und Sterbefälle (Analyse der Impfeffekte im Zeitraum Januar bis Juli 2021)
- Epid Bull* 2021;35:3-10 | DOI 10.25646/8887
- (Dieser Artikel ist online vorab am 6. August 2021 erschienen.)
- 
- Danksagung**
- Das Projekt ImVaCov wird finanziell unterstützt durch das Bundesministerium für Gesundheit (BMG). Die Autorinnen und Autoren möchten sich sehr herzlich bei allen Personen bedanken, die das Projekt und das vorliegende Modell durch Daten oder gedanklichen Austausch unterstützt haben. Besonderer Dank geht an die Geschäftsstelle der STIKO für Input zu den Wirksamkeiten sowie Abständen zwischen den Impfungen. Und schließlich allen Mitgliedern des wissenschaftlichen Beirats von ImVaCov, deren fachliche Expertise wesentlich zum vorliegenden Modell beigetragen hat.

## Autorinnen und Autoren

<sup>a)</sup> Maria Waize | <sup>a)</sup> Stefan Scholz | <sup>a)</sup> PD Dr. Ole Wichmann | <sup>a)</sup> Dr. Thomas Harder | <sup>a)</sup> Dr. Marina Treskova-Schwarzbach | <sup>a,b)</sup> Annika Falman | <sup>c)</sup> Dr. Felix Weidemann | <sup>d)</sup> Prof. Dr. André Karch | <sup>e)</sup> Dr. Bert Lange | <sup>f)</sup> Dr. Alexander Kuhlmann | <sup>d)</sup> Dr. Veronika Jäger | <sup>g)</sup> Prof. Dr. Lothar H. Wieler