

Anhang 1 zur wissenschaftlichen Begründung der STIKO-Empfehlung zur COVID-19-Impfung

Mathematische Modellierung

Inhalt

1.	Hintergrund zur Modellierung.....	2
2.	Markov Modell	2
2.1	Methodik	2
2.2	Ergebnisse der Modellierung	5
3.	SEIR-Transmissionsmodell.....	8
3.2	Ergebnisse zur Analyse zum Abstand der mRNA-Impfung.....	12
3.3	Ergebnisse zur Frage der Umverteilung des AstraZeneca Impfstoffs	15
3.4	Ergebnisse zur Entscheidung einer generelle Impfeempfehlung für 12- bis 17- Jährige	19
4.	Literatur:.....	26

1. Hintergrund zur Modellierung

Um die Effekte einer Impfung auf Bevölkerungsebene darzustellen, wurde ein Modell-basierter Ansatz gewählt. Diese Vorgehensweise erlaubt die Verwendung von Evidenz aus verschiedenen Quellen und die Abschätzung der Effekte verschiedener, potentieller Strategien. Für Infektionskrankheiten bildet dabei die Modellart der dynamischen Transmissionsmodelle den Goldstandard, da hier das Transmissionsgeschehen explizit abgebildet wird und so auch indirekte Effekte durch Impfungen abgebildet werden können.

Nachfolgend werden im Kapitel 3.2 die Berechnungen anhand eines Markov Modells für einen Impfzeitraum von 12 Wochen vorgestellt, die sich auf die direkten Effekte, d.h. die Effekte für den Impfling allein, beschränken. Ende Februar wurde dieses Modell mit der Fertigstellung eines Transmissionsmodells abgelöst. Die Ergebnisse, vorgestellt im Kapitel 3.3, wurden mit Hilfe eines SEIR-Transmissionsmodells, generiert. Dieses Modell bietet die Möglichkeit, Effekte der derzeit zugelassenen Impfungen – unter Berücksichtigung der Effektivitäten, Liefermengen und Impfbereitschaft – auf das Transmissionsgeschehen zu modellieren und den Verlauf der Pandemie abzuschätzen.

2. Markov Modell

2.1 Methodik

Das Markov Modell teilt die Bevölkerung in verschiedene Gesundheitszustände ein und berechnet für Zykluslängen von 1 Woche für die maximale Dauer von 12 Wochen den Anteil der Bevölkerung, der sich in den jeweiligen Zuständen befindet. In [Abbildung 1](#) wird das Modell schematisch dargestellt. Dabei wird jeder Zustand nach Alter und nach COVID-19-Erkrankungsanamnese unterteilt.

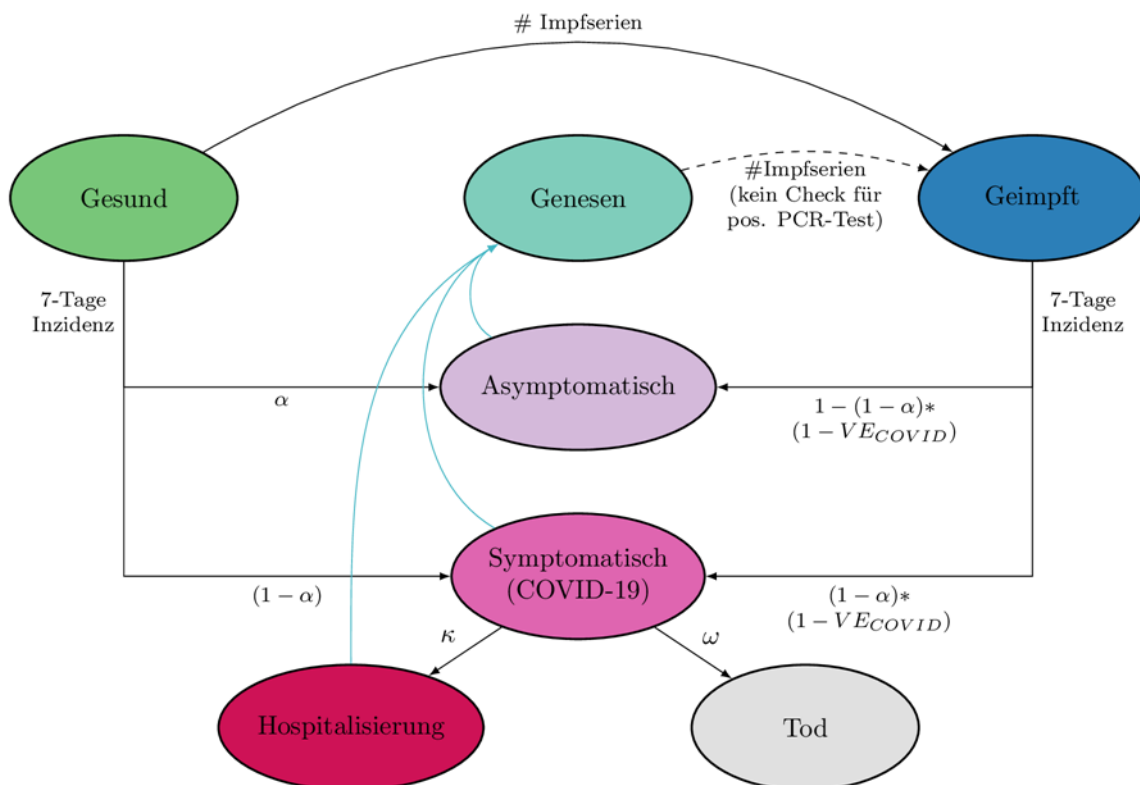


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Markov Modells zur Berechnung der direkten Impffeffekte auf Bevölkerungsebene

Anhang zur 9. Aktualisierung der COVID-19 Impfpflichtung der STIKO (Stand 23.08.2021)

Für die Berechnungen wurde eine Vielzahl an verschiedenen Daten zusammengeführt. Zunächst wurden die aktuellen Bevölkerungszahlen des statistischen Bundesamtes aus der Bevölkerungsvorausberechnung (1) und der Bevölkerungsfortschreibung (2) genutzt. Dabei wurde primär auf die Zahlen der Bevölkerungsfortschreibung zum Stichtag 31.12.2019 zurückgegriffen, wobei die aggregierte Altersgruppe der über 85-Jährigen anhand der Anzahl der Personen in den Einzeljahren zwischen 85 und 99 Jahren aus der Bevölkerungsfortschreibung aufgeteilt wurde. Personen von 100 Jahren und älter wurden in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Für jedes Altersjahr wurde aus den Meldedaten nach IfSG zu COVID-19 die altersspezifische, wöchentliche Inzidenz sowie das absolute Risiko für eine Hospitalisierung und für Tod berechnet. Diese Berechnungen beziehen sich für die Inzidenz auf den Zeitraum seit Meldewoche 40 und für die Hospitalisierungs- und Mortalitätsrate auf den Zeitraum zwischen Meldewoche 11 und 43. Hospitalisierungs- und Sterberate wurden für Personen berechnet, für die in den Meldedaten keine Vorerkrankung kodiert wurde. Die Beschränkung des Zeitraums erfolgte bei der Inzidenz, um das aktuelle Infektionsgeschehen in den Berechnungen abzubilden. Bei Hospitalisierung und Mortalität erfolgte dies, um zum einen die ersten Wochen der Pandemie auszuschließen, in denen Personen zur Quarantäne in ein Krankenhaus eingewiesen wurden. Zum anderen erfolgte eine Beschränkung auf Woche 43, um die Vollständigkeit der Daten aufgrund noch zu erfolgender Nachmeldung zu gewährleisten. Für das Infektionsgeschehen wurde zusätzlich eine altersunspezifische Inzidenz von 150 Fällen je 100.000 Einwohnern berücksichtigt.

Die Bevölkerung wurde zusätzlich anhand von Vorerkrankungen stratifiziert. Als Datenquellen dienen hierfür die Gesundheitssurveys des RKI DEGS (3) und GEDA (4). Beide Datensätze wurden kombiniert und umfassen 32.167 Personen. Für jede Person wurde das Vorliegen von einer der in [Tabelle 1](#) aufgelisteten Vorerkrankungen kodiert und anschließend wurde die Prävalenz von jeder der Kombinationen der Vorerkrankungen je Altersjahr berechnet. In Kombination mit den Bevölkerungszahlen des Statistischen Bundesamts ergibt sich folglich je Alter zwischen 0 und 99 Jahren die Anzahl an Personen, die keine Vorerkrankung bzw. eine der möglichen Kombinationen an Vorerkrankungen aufweist.

• Asthma	• Zerebrovaskuläre Erkrankung	• Adipositas
• COPD	• Apoplex	• Myokardinfarkt
• Krebserkrankungen	• Arterielle Hypertonie	• Koronare Herzkrankheit
• Diabetes mellitus	• Chronische Nierenerkrankungen	• Kardiovaskuläre
• Arterielle Hypertonie	• Chronische Lebererkrankungen	Erkrankungen

Tabelle 1 Berücksichtigte Vorerkrankungen in der Modellierung

Abbildung 2 zeigt, dass mit dem Alter der Anteil an Personen mit Vorerkrankungen und die Anzahl der Vorerkrankung pro Person deutlich ansteigen. Die Darstellung zeigt, dass ein sehr großer Anteil der Personen ≥ 65 Jahre mindestens eine Vorerkrankung hat. Die Berücksichtigung von Vorerkrankungen spielt bei Älteren jedoch eine untergeordnete Rolle, da die Impfindikation durch das Risiko „Alter“ schon gegeben ist. Die Altersindikation ab dem Alter von 60 Jahren überwiegt das Risiko von Vorerkrankungen deutlich. Bei Menschen < 60 Jahren ist eine Vorerkrankung deutlich weniger häufig. Menschen dieser Altersgruppe haben bei COVID-19 Erkrankung ein durchschnittliches Sterberisiko von 0,3%. Die meisten identifizierten Risikofaktoren erhöhen dieses Risiko um einen Faktor $\leq 1,5$. Das heißt, dass deren Sterberisiko bei COVID-19 auf bis 0,45% ansteigt. Dies ist deutlich niedriger als das Sterberisiko von ≥ 60 -Jährigen. Dies ist der Grund für die niedrige Einstufung von Risikofaktoren bei Jüngeren im Rahmen der Priorisierung.

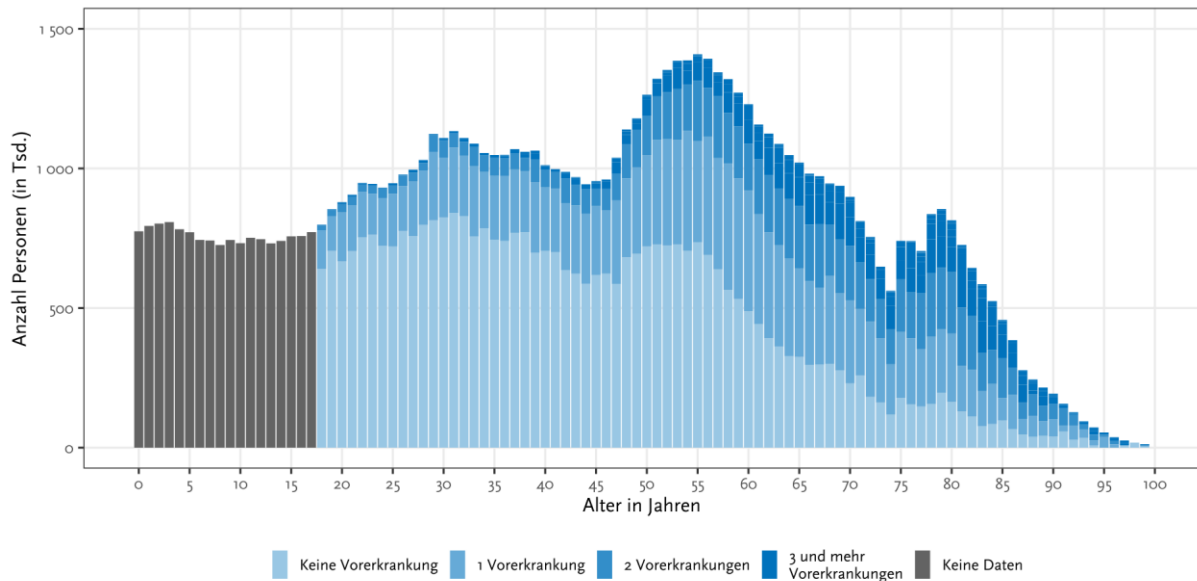


Abbildung 2: Anzahl der Personen nach Alter in Jahren der Bevölkerung in Deutschland in Kombination mit den Angaben zu Vorerkrankungen

Das erhöhte Risiko für Hospitalisierung und Mortalität für Personen mit Vorerkrankung wurde über die in Anhang 2 der wissenschaftlichen Begründung dargestellten Ergebnisse in die Berechnungen eingebunden. Dafür wurden zunächst *Hazard Ratios* (HR) (5) und *Odds Ratios* (OR) (6) in Relative Risiken (RR) umgerechnet und anschließend das absolute Risiko für Personen ohne Vorerkrankungen mit den RRs multipliziert. Für die Umrechnungen von HRs und ORs in RRs wurden die altersspezifischen, absoluten Risiken von Personen ohne Vorerkrankungen als *baseline risk* genutzt. Bei Personen mit mehr als einer Vorerkrankung wurde das jeweilige Maximum der RRs für Hospitalisierung und Mortalität genutzt. Neben den hieraus berechenbaren Outcomes von COVID-19 Fällen, Hospitalisierungen und Todesfällen wurden auch verlorene Lebensjahre durch vorzeitigen Tod durch COVID-19 berechnet. Hierfür wurde je Alter die fernere Lebenserwartung aus der Sterbetafel des Statistischen Bundesamtes (1) für den Zeitraum 2017 bis 2019 genutzt.

Aus den vorangegangenen Zahlen wurde zunächst die wöchentliche Anzahl an COVID-19 Fällen, Hospitalisierungen, Todesfällen und Anzahl an verlorenen Lebensjahren für ein Szenario ohne Impfung berechnet. Anschließend wurde die Reduktion der jeweiligen Outcome-Parameter für eine Reihe von potentiellen Impfstrategien berechnet. Die drei Impfstrategien umfassen dabei:

- Personen im Alter von ≥ 80 Jahren
- Personen im Alter von ≥ 60 Jahren
- Personen im Alter von ≥ 18 Jahren mit Vorerkrankungen

Die verfügbaren Impfstoffdosen werden dabei, ausgehend von einem 2-Dosen Impfschema, proportional zum Anteil eines Jahrgangs über die Personen in den Altersjahren bzw. Vorerkrankungskategorien hinweg verteilt.

Unabhängig von Alter und Vorerkrankungsstatus wurde eine Wirksamkeit der Impfung von 90% gegen einen symptomatischen Verlauf (COVID-19) angenommen. Hinsichtlich der Impfstoffverfügbarkeit wurden 500.000 Dosen je Woche angenommen, was unter Annahme eines 2-Dosen-Impfschemas 250.000 vollständigen Impfserien entspricht. Weiterhin wurden zwei Varianten hinsichtlich einer der Impfung vorangegangenen PCR-bestätigten SARS-CoV-2-Infektion berechnet. Da zumindest eine

gewisse Schutzwirkung durch eine überstandene SARS-CoV-2-Infektion anzunehmen ist, könnten Impfstoffdosen für „genesene“ COVID-19 PatientInnen für noch nicht infizierte Personen verwendet werden. Die Anzahl der „genesenen“ COVID-19-Fälle wurde aus den Meldedaten entnommen und es wurden ad-hoc Analysen der wöchentlichen Effekte berechnet.

Im Basis-Szenario wurde von einer Impfstrategie ohne Berücksichtigung einer vorangegangenen SARS-CoV-2-Infektion und einer altersunspezifischen, wöchentlichen Inzidenz von 150 Fällen/100.000 Einwohnern ausgegangen. Variationen hinsichtlich dieser Annahmen wurden in Sensitivitätsanalysen berücksichtigt. Alle Szenarien werden gegen eine Berechnung ohne Impfung verglichen. Bei einer allgemeinen Inzidenz von 150 SARS-CoV-2 Infektionen je 100.000 Einwohnern sind ohne eine Impfung in 12 Wochen 1.434.100 COVID-19 Fälle, 192.600 Hospitalisierungen, 15.600 Todesfälle und 156.100 verlorene Lebensjahre zu erwarten. Für eine Inzidenz, die der Inzidenz zwischen KW40 und KW46 (87,7/100.000 Einwohner) entspricht, wären 839.300 COVID-19 Fälle, 88.500 Hospitalisierungen, 7.100 Todesfälle und 64.200 verlorene Lebensjahre pro 12 Wochen zu erwarten.

2.2 Ergebnisse der Modellierung

2.2.1 Basis-Szenario

In der Analyse des Basis-Szenarios (250.000 vollständige Impfserien pro Woche, Inzidenz 150/100.000 pro Woche, kein Ausschluss von PCR-bestätigten SARS-CoV-2-Infektionen, (Abbildung 3) ist bei allen drei Impfstrategien mit einer Verhinderung von ca. 19.600 symptomatischen Fällen über 12 Wochen zu rechnen. Bei den Hospitalisierungen ist mit ca. 10.500 die höchste Anzahl zu verhindern, wenn Personen über 80 Jahren die Impfung angeboten wird. Personen über 60 Jahre zu impfen würde zu einer erwartenden Reduktion von ca. 6.800 Hospitalisierungen führen und Personen mit Vorerkrankungen zu impfen zu einer Reduktion von ca. 5.100 Fällen. Auch bei den verhinderten Todesfällen und verlorenen Lebensjahren ist bei einer Impfung der Personen über 80 Jahren mit den höchsten Reduktionen zu rechnen. Diese Daten zeigen klar, dass mit einer Priorisierung über hohes Alter in Deutschland die maximale Reduktion bzgl. Hospitalisierung und Mortalität erreicht werden kann. Dies gilt sogar bzgl. der gewonnenen Lebensjahre, obwohl die noch zu erwartenden Lebensjahre bei älteren Menschen notwendigerweise deutlich geringer als bei jüngeren sind.

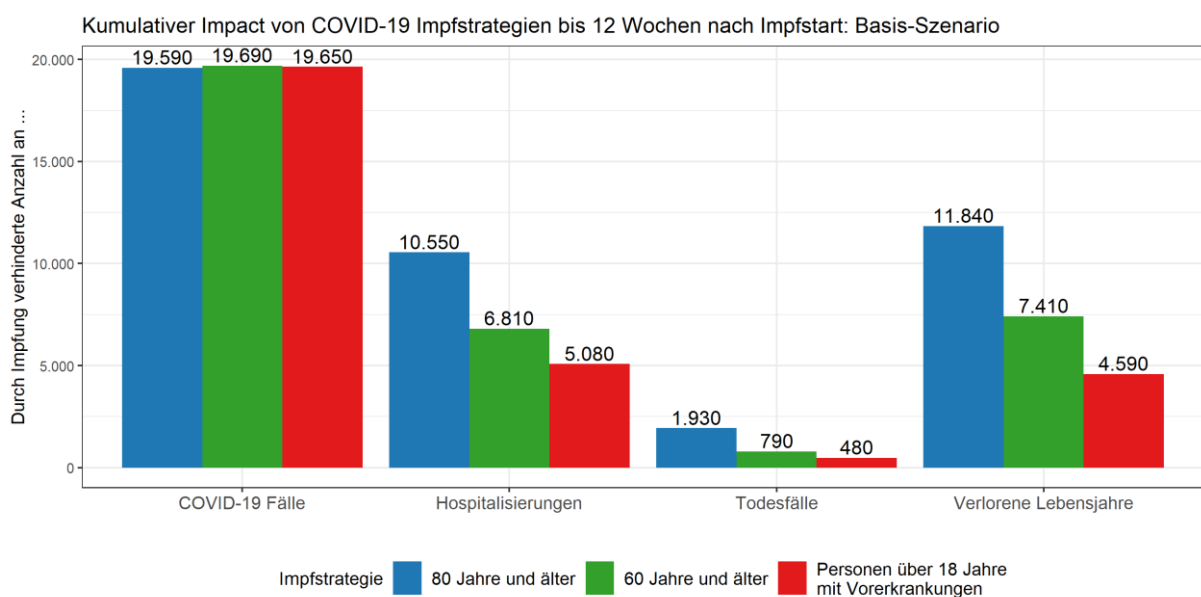


Abbildung 3: Kumulativer Impact von COVID-19 Impfstrategien bis 12 Wochen nach Impfstart: Basis-Szenario

Um die absoluten Zahlen besser einordnen zu können, ist in [Abbildung 4](#) die relative Reduktion der verschiedenen Endpunkte nach 12 Wochen abgebildet. Die ca. 19.600 verhinderten COVID-19-Fälle entsprechen dabei nur ca. 1,4 Prozent aller auftretenden Fälle in diesem Zeitraum. Hospitalisierungen würden hingegen bei der Impfstrategie „ ≥ 80 Jahre“ um ca. 5,5 Prozent zurückgehen und der Anteil der Todesfälle wäre um ca. 12,3 Prozent geringer. Bei den beiden anderen Impfstrategien ist für Hospitalisierungen, Todesfälle und verlorene Lebensjahre ein geringerer, relativer Rückgang zu erwarten.

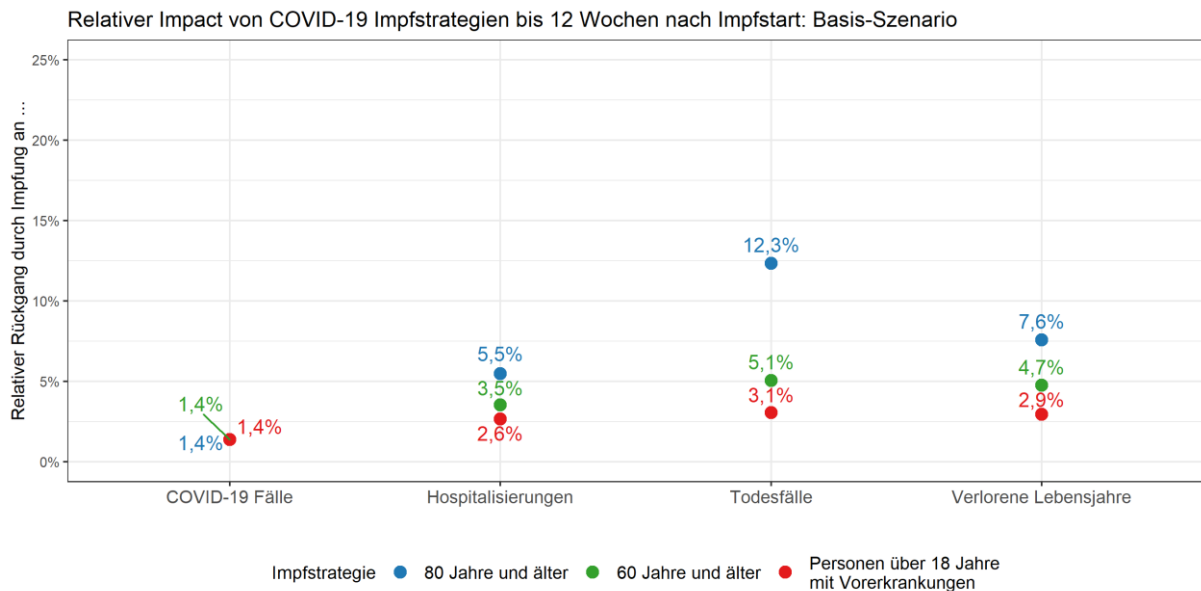


Abbildung 4: Relativer Impact von COVID-19 Impfstrategien bis 12 Wochen nach Impfstart: Basis-Szenario

2.2.2 Sensitivitätsanalysen

In der ersten Sensitivitätsanalyse ([Abbildung 5](#)) wurde die Impfung nur an Personen gegeben, die keine vorangegangene, PCR-bestätigte SARS-CoV-2-Infektion haben. D.h. Personen, die eine natürliche Immunität aufgrund einer zurückliegenden SARS-CoV-2 Infektion aufweisen, erhalten keine Impfung. Hierdurch sind mehr Impfstoffdosen für Personen verfügbar, die noch keine Infektion durchgemacht haben. Die verfügbaren Impfstoffdosen werden also effizienter eingesetzt, was sich auch in einer höheren Zahl verhinderter COVID-19-Fälle, Hospitalisierungen, Todesfälle und verloraener Lebensjahre widerspiegelt. Für die Impfstrategie „ ≥ 80 Jahre“ werden nun ca. 350 COVID-19 Fälle mehr verhindert. Die Zahl der verhinderten Hospitalisierungen steigt auf 10.730. Bei den Todesfällen und den gewonnenen Lebensjahren sind nur geringe Zugewinne im Vergleich zum Basis-Szenario von ca. 40 Todesfällen und 210 Lebensjahren zu beobachten.

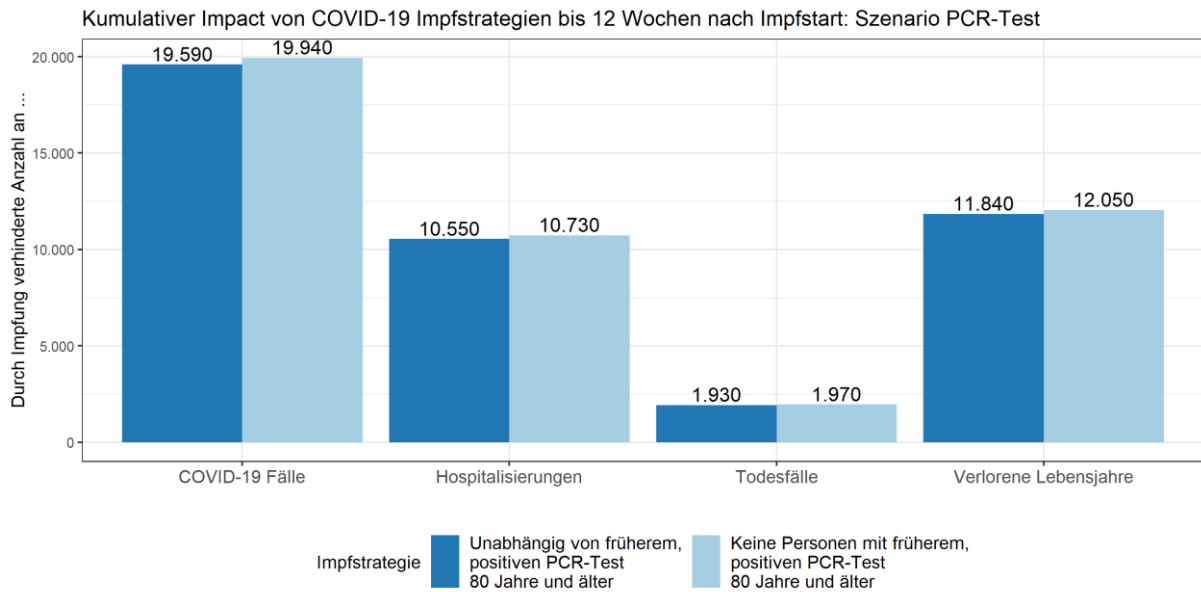


Abbildung 5: Impact von COVID-19 Impfstrategien (Szenario Ausschluss von Personen mit SARS-CoV-2-PCR-Nachweis in der Anamnese)

In einer zweiten Sensitivitätsanalyse wurde berechnet, welchen Einfluss das Infektionsgeschehen auf die verhinderten COVID-19 Fälle, Hospitalisierungen, Todesfälle und verlorenen Lebensjahre aufweist. Im Vergleich zur Basis-Szenario-Annahme einer über das Alter gleichen Inzidenz, findet sich in [Abbildung 6](#) der Impact der verschiedenen Impfstrategien unter Berücksichtigung der altersspezifischen, wöchentlichen Inzidenz seit Meldewoche 40. Im Vergleich zum Basis-Szenario wird deutlich, dass die Impfstrategie „ ≥ 80 Jahre“ mit 9.670 Fällen nicht mehr die meisten COVID-19 Fälle verhindert, sondern die Impfstrategie „Personen ≥ 18 Jahre mit Vorerkrankungen“ mit 10.560 Fällen. Hinsichtlich der Hospitalisierungen, Todesfälle und verlorenen Lebensjahre bleibt die Impfung von Personen über 80 Jahre jedoch weiterhin die effizienteste Strategie.

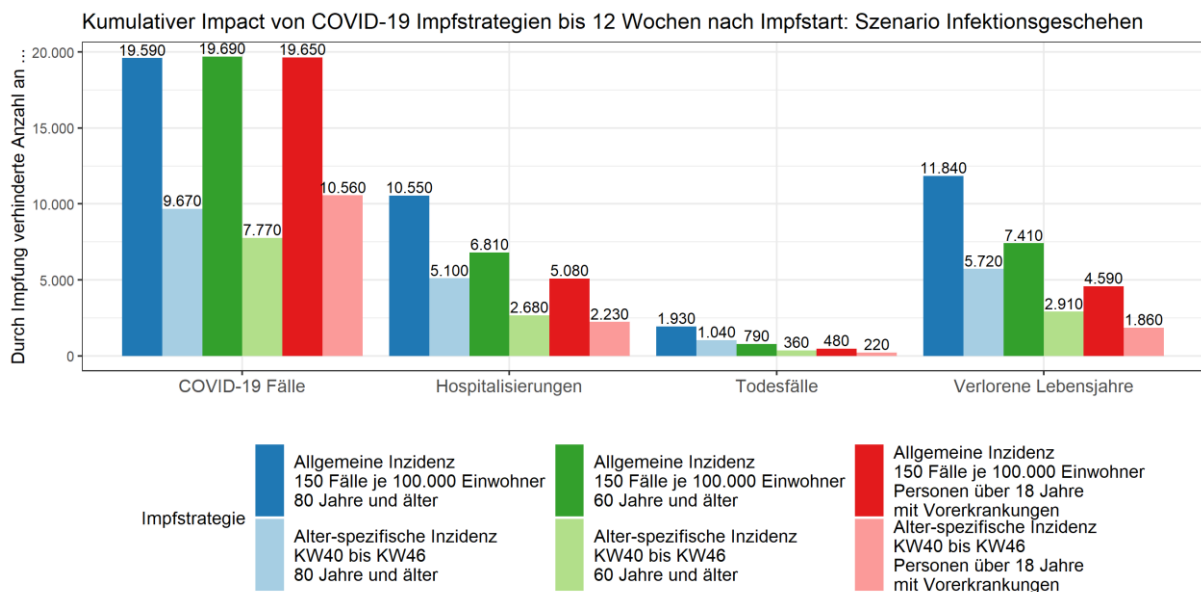


Abbildung 6: Kumulativer Impact von COVID-19 Impfstrategien bis 12 Wochen nach Impfstart: Szenario Infektionsgeschehen

3. SEIR-Transmissionsmodell

3.1 Methodik

Eine detaillierte Beschreibung der Methodik des zugrundeliegenden Modells wurde bereits im *Epidemiologischen Bulletin* 13/2021, 27/2021 und 35/2021 veröffentlicht. (7-9)

Für die Abschätzung der Effekte unterschiedlicher Impfstrategien inklusive verschiedener Priorisierungsstrategien für die COVID-19 Impfung und unter Annahme unterschiedlicher Liefermengen für die COVID-19-Impfstoffe wurde ein mathematisches Modell entwickelt, um evidenzbasierte Entscheidungen treffen zu können. Dieses dynamische Transmissionsmodell hat die grundsätzliche Struktur eines SEIR(S) (engl. Susceptible → Exposed → Infectious → Recovered) Modells. Die Bevölkerung wird dafür nach Alter- und Risiko für einen milden, moderaten oder schweren Verlauf einer COVID-19 Erkrankung stratifiziert. Die Einteilung der Risikogruppen basiert auf der prozentualen Verteilung von Vorerkrankungen in der Bevölkerung, die den Verlauf einer COVID-19 Infektion beeinflussen (Anhang 2 zur wissenschaftlichen Begründung).

Die Dunkelziffer der SARS-CoV-2 Infektionen wird mithilfe des Anteils positiver COVID-19 Tests der wöchentlichen Teststatistik approximiert. Dadurch ist es möglich, altersabhängige Unterschiede in den Meldedaten auszugleichen und das Modell bestmöglich an das tatsächliche Transmissionsgeschehen anzupassen.

Mit Hilfe des Modells können die Anzahl der SARS-CoV-2 Infektionen, COVID-19 Erkrankungen, Hospitalisierungen und Todesfälle abgeschätzt werden. Die Anzahl und die tägliche Auslastung der Intensivbetten wird unter der Annahme, dass 10% von den Hospitalisierten eine intensivmedizinische Betreuung benötigen und diese im Durchschnitt eine 25% längere Klinikaufenthalte haben, abgeschätzt.¹

Im Modell werden drei Impfstofftypen unterschieden:

1. mRNA Impfstoffen, zu denen die Impfstoffe von BioNTech/Pfizer, Moderna und voraussichtlich Juni 2021 CureVac² zählen,
2. dem vektor-basierten Impfstoff des Herstellers AstraZeneca und
3. dem Ein-Dosis Impfstoff von Janssen Cilag International.

Für jeden dieser Impfstofftypen werden alters- und risikostratifizierte Effektivitäten gegen eine SARS-CoV-2 Infektion, gegen eine COVID-19 Erkrankung, gegen Hospitalisierung und eine Reduktion der Transmission sowohl nach der ersten und zweiten Impfung berücksichtigt. Es wird angenommen, dass die Wirksamkeit der Impfungen nach 14 Tagen einsetzt. [Tabelle 2](#) liefert einen Überblick über die verwendeten Effektivitäten. Diese basieren auf den Zulassungsstudien und Beobachtungsstudien der einzelnen Impfstoffe.

¹ Dieser Ansatz wurde überarbeitet (siehe [Kapitel 3.3.2](#))

² Lieferung des Herstellers CureVac werden mit gleicher Wirksamkeiten wie die mRNA-Impfstoffe der Hersteller BioNTech und Moderna nur in den beschriebenen Analysen in [Kapiteln](#) Ergebnisse zur Analyse zum Abstand der mRNA-Impfung [3.2](#) - [3.3](#) berücksichtigt

Wirksamkeit gegen	BioNTech, Moderna, CureVac (mRNA)	AstraZeneca (Adenovirus-Vektor)	Janssen Cilag International (Adenovirus-Vektor)
SARS-CoV-2	72/92	67/67	0
COVID-19 (<60 Jahre)	93/95,6	73/83	66
COVID-19 (≥60 Jahre)	90/90	73/83	66
Hospitalisierung (<70 Jahre)	85/87	-	100
Hospitalisierung (≥70 Jahre)	71/71	-	100
Hospitalisierung (<80 Jahre)	-	94/94	-
Hospitalisierung (≥80 Jahre)	-	81/81	-
Infektiosität	25% / 50%	25% / 50%	25%

Tabelle 2 Übersicht der kumulativen Effektivitäten der Impfungen (1./2. Dosis)³

Die Verteilung der Impfstoffe, erfolgt unter Berücksichtigung der empfohlenen Priorisierung der Ständigen Impfkommission (STIKO), der Impfbereitschaft der verschiedenen Altersgruppen (COSMO) sowie die Kapazität der Impfzentren sowie niedergelassenen Ärzte (10). Die Analyse beinhaltet rückwirkend die tatsächlich verimpften Impfdosen sowie die Prognose der Impfstofflieferungen der BMG jeweils bis zum Zeitpunkt der Analyse.

Es wird davon ausgegangen, dass die zweite Impfdosis der mRNA Impfstoffe von BioNTech/Pfizer und Moderna zwischen bis zum 31.01.2021 zurückgehalten wurden und mit einem Abstand von 35 Tagen verimpft wurde. Danach wurde die Impfung mit einem Abstand von 42 Tagen verimpft und alle gelieferten Impfdosen wurden direkt eingesetzt. Der Impfstoff des Herstellers AstraZeneca wurde in den zwischen dem 07.02.2021 bis zum 28.02.2021 mit einem Abstand von 70 Tagen geimpft, wobei die zweite Dosis für den Impfling zurückgehalten wurden. Anschließend wurde der Abstand erweitert auf 84 Tage und die zweite Dosis wurde nicht mehr zurückgehalten (siehe [Tabelle 1](#)).

Um saisonale Schwankungen in der Transmissionswahrscheinlichkeit einzubeziehen, wird diese im Modell zwischen Januar bis einschließlich Juni stetig um 20% reduziert. Anschließend steigt die Transmissionswahrscheinlichkeit bis zum Ende des Jahres wieder auf den Ursprungswert.⁴

Der Einfluss der Mutation des Coronavirus B.1.1.7 wird im Modell durch eine prozentuale Erhöhung der Übertragungswahrscheinlichkeit von 35% im Zeitraum Januar bis März 2021 abgebildet.⁵

Die Maßnahmen der Regierung zur Eindämmung der Pandemie bzw. deren Lockerungen werden im Modell durch eine prozentuale Reduktion bzw. Erhöhung der Kontakte dargestellt. Diese wird aufgrund der Weiterentwicklung des Modells in den verschiedenen Analysen unterschiedlich hoch eingeschätzt. In den [Kapiteln 3.2](#) und [3.3](#) werden sowohl die Öffnung von 5 % als auch die Öffnung von 20 % zum 15.03.2021 dargestellt. Ab [Kapitel 3.4](#) wurde eine Öffnung von 10% angenommen, da ein längerer Beobachtungszeitraum zum Vergleich der vom Modell prognostizierten Pandemie und der Realität möglich war.

³ Gültig für die Ergebnisse vorgestellt in [Kapiteln 3.2](#) und [3.3](#), anschließend wurden die Wirksamkeiten dem neuen Wissenstand angepasst (siehe [Tabelle 3](#)) und CureVac wurde nicht weiter in der Modellierung berücksichtigt.

⁴ Ab der im [Kapitel 3.4](#) vorgestellten Analyse wurde ein saisonaler Effekt von 42% angenommen. (siehe Kapitel 3.3.2)

⁵ Ab der im [Kapitel 3.4](#) wurde zusätzlich die neu aufgetretene Delta-Variante berücksichtigt. (siehe Kapitel 3.3.2)

3.1.1 Aktualisierungen und Weiterentwicklungen des Modells (gültig ab Kapitel 3.4)

Das Modell wird stets dem aktuellen Wissenstand angepasst und weiterentwickelt. Neben der Aktualisierung der prognostizierten Liefermengen und Berücksichtigung der Anzahl tatsächlich verimpfter Dosen, wurde vor Beginn der Analyse zu den Effekten einer generellen Impfpflicht für Kinder und Jugendlichen (siehe Kapitel 3.4) Aktualisierungen im Hinblick auf die Wirksamkeiten der Impfungen, Fallzahlberechnung sowie Annahmen zum Kontaktverhalten vorgenommen. Eine detaillierte Beschreibung dieser ist in den folgenden Abschnitten zu finden:

Impfungen:

Zum Zeitpunkt der Entwicklung des Modells war davon auszugehen, dass CureVac die Zulassung erhalten wird und eine vergleichbare Effektivität wie die mRNA-Impfstoffe von BioNTech bzw. Moderna aufweisen wird. Seitdem bekannt geworden ist, dass sich die Zulassung verzögert, und damit vorerst keine Lieferungen zu erwarten sind, wird der Impfstoff im Rahmen der Modellierung nicht mehr berücksichtigt.

Die in Tabelle 2 vorgestellten Wirksamkeiten um die aus den Zulassungsstudien bekannten Wirksamkeiten der mRNA Impfstoffe wurden für 12- bis 17- Jährige erweitert und in diesem Zusammenhang auch neue Erkenntnisse zur Wirksamkeit für Personen ≥ 18 Jahre der einzelnen Impfstoffe berücksichtigt. Einen Überblick der neuen Wirksamkeiten liefert Tabelle 3.

Wirksamkeit gegen	BioNTech, Moderna (mRNA)	AstraZeneca (Adenovirus-Vektor)	Janssen Cilag International (Adenovirus-Vektor)
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%

Tabelle 3 Parameterwerte für die kumulativen Wirksamkeiten der im Modell berücksichtigten Impfstoffe nach erster bzw. zweiter Dosis

Um die Empfehlung des heterologen Impfschemas und da dieses nicht direkt im Modell abgebildet werden kann, zu simulieren können, wurde der Abstand zwischen der ersten und zweiten Dosis AstraZeneca auf vier Wochen reduziert. Einen Überblick über die im Modell verwendeten Abstände liefert Tabelle 4.

Impfstoff	Gültigkeitszeitraum für den Abstand	Abstand zwischen der ersten und zweiten Dosis (Tage)
Moderna (mRNA)	27.12.2020 - 31.01.2021	35
	01.02.2021 - 22.04.2021	42
	23.04.2021 - 31.12.2022	31
AstraZeneca (Adenovirus-Vektor)	27.12.2020 - 28.02.2021	70
	01.03.2021 - 31.05.2021	84
	01.06.2021 - 31.12.2022	28 (heterologes Impfschema)
BioNTech, (mRNA)	27.12.2020 - 31.01.2021	35
	01.02.2021 - 22.04.2021	42
	23.04.2021 - 31.12.2022	31
Janssen Cilag International (Adenovirus-Vektor)	27.12.2020 - 31.12.2022	Ein-Dosis-Impfstoff

Tabelle 4 Darstellung der im Modell verwendeten Abstände zwischen der ersten und zweiten Dosis.

Fallzahlberechnung:

Für die Berechnung der ITS-Fälle bzw. Belegung der ITS-Betten (ITS-Auslastung) wurde sowohl das altersspezifische Risiko für einen schweren Verlauf, der eine intensivmedizinische Betreuung notwendig macht, und die altersspezifische Liegedauer auf der Intensivstation berücksichtigt. (11, 12)

Maßnahmen zur Eindämmung der Pandemie

Die Bundesnotbremse sowie der Plan des Robert Koch Institutes zur stufenweisen Rücknahme der COVID-19 bezogenen Maßnahmen (ControlCOVID) werden berücksichtigt. Damit wird davon ausgegangen, dass beispielsweise AHA+L Regeln (Abstand, Hygiene, Alltag mit Maske, Lüften) weiter eingehalten werden. (13)

Zusätzlich wurde angenommen, dass die sinkenden Fallzahlen dazu geführt haben, dass die mehr tägliche Kontakte steigen. Ab August wird angenommen, dass täglich elf Kontakte pro Person stattfinden. Bei steigenden Fallzahlen (z.B. zu Beginn der vierten Welle) wird angenommen, dass die Kontakte wieder reduziert werden: Im September erstmal um drei Kontakte und im Oktober nochmal um zwei weitere Kontakte.

Saisonale Effekte bzw. neu aufgetretene Varianten

Neben der zu Beginn des Jahres aufgetretenen Alpha-Variante wird das Auftreten der Delta-Variante ab Juni berücksichtigt. Für diese wird angenommen, dass sich die Delta-Variante zwischen dem 15. Juni bis zum 15. August 2021 in Deutschland ausbreitet und anschließend einen Anteil von 100% hat. Die Transmissionswahrscheinlichkeit 40% höher ist als im Vergleich zu Alpha-Variante. Eine Reduktion der Wirksamkeit der Impfstoffe wurde nicht berücksichtigt. Zusätzlich wurde die der saisonale Effekt von bisher 20% auf 42% angehoben: Die Infektiosität sinkt im Laufe des Aprils um 42% und steigt im Oktober dann erneut um diese 42% an. (14) Die Delta-Variante sowie der Anstieg der Infektiosität ist insbesondere für den Verlauf der vierten Welle von Bedeutung.

3.2 Ergebnisse zur Analyse zum Abstand der mRNA-Impfung

Die Modellierung zur Quantifizierung der Effekte eines längeren Abstandes zwischen der ersten und zweiten Dosis eines mRNA Impfstoffes wurde Ende März durchgeführt und beruht auf den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Wissenstand.

Die Empfehlung der STIKO sieht einen Abstand von vier bis zu sechs Wochen zwischen der ersten und zweiten Dosis der mRNA Impfung voraus.

Mit Hilfe der Modellierung soll festgestellt werden, wie sich die Anpassung des Abstandes der zwei Impfungen auf die erwartete Anzahl der ITS-Betten und Todesfälle auswirken wird. Dafür werden drei Szenarien betrachtet: Im ersten Szenario wird der Abstand der mRNA Impfung zum 01.04.2021 auf 28 Tage reduziert, im zweiten Szenario bleibt der Abstand bei 42 Tagen, während im dritten Szenario der Abstand auf 84 Tage ausgedehnt wird. In allen drei Szenarien bleibt die Strategie, dass gelieferte Impfstoffdosen direkt genutzt werden, ohne eine zweite Dosis für den Impfling zurückzuhalten. Einen genauen Überblick über die im Modell verwendeten Abstände sowie Strategien der Verteilung der Impfstoffe liefert [Tabelle 5](#)Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden..

Zeitraum	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Strategie
27.12.2020 – 31.01.2021	35 Tage			Rückstellung der 2.Dosis
01.02.2021 – 31.03.2021	42 Tage			Ohne Rückstellung
01.04.2021 – 31.12.2021	28 Tage	42 Tage	84 Tage	

Tabelle 5 Überblick über die im Modell verwendeten Abstände der mRNA Impfstoffe sowie die Strategie der Verteilung

Studien deuten darauf hin, dass die Wirkung der mRNA Impfung nach der ersten Dosis gegen Hospitalisierung nach den ersten 42 Tagen von 85% auf 64% sinkt (15). Die Umsetzung im Modell erfolgt, in dem eine mittlere Schutzdauer von 190 Tagen angenommen wurde. Mit einer täglichen Rate von 0,00525 verlieren Impflinge der Schutz der Impfung und werden im Modell analog zu ungeimpften Personen betrachtet. Die zweite Impfung, die nach Versagen der ersten Impfung verabreicht wird, erzielt danach lediglich Wirksamkeit, die nach der ersten Dosis angenommen wird. Nach der zweiten Dosis wird kein Verlust der Wirksamkeit angenommen, unabhängig davon, ob nach der ersten Dosis die Wirksamkeit nachgelassen hat oder nicht. Da diese Ergebnisse noch nicht endgültig bestätigt sind, wurde im Rahmen einer alternativen Analyse angenommen, dass die Wirkung der Impfung nicht nachlässt.

Aufgrund fehlender Studienergebnissen wird kein Verlust der Wirksamkeit bei den Impfstoffen der Hersteller Janssen Cilag International sowie AstraZeneca angenommen.

Durch die veränderten Abstände zwischen der ersten und zweiten Dosis der mRNA Impfung bleiben Impftermine, die bereits vergeben worden sind, in der Modellierung unverändert.

Die Modellierung wurde sowohl mit einer Öffnung von 5 % als auch 20 % am 15.03 durchgeführt. Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die zu erwarteten Anzahl der ITS-Belegung und Todesfällen.

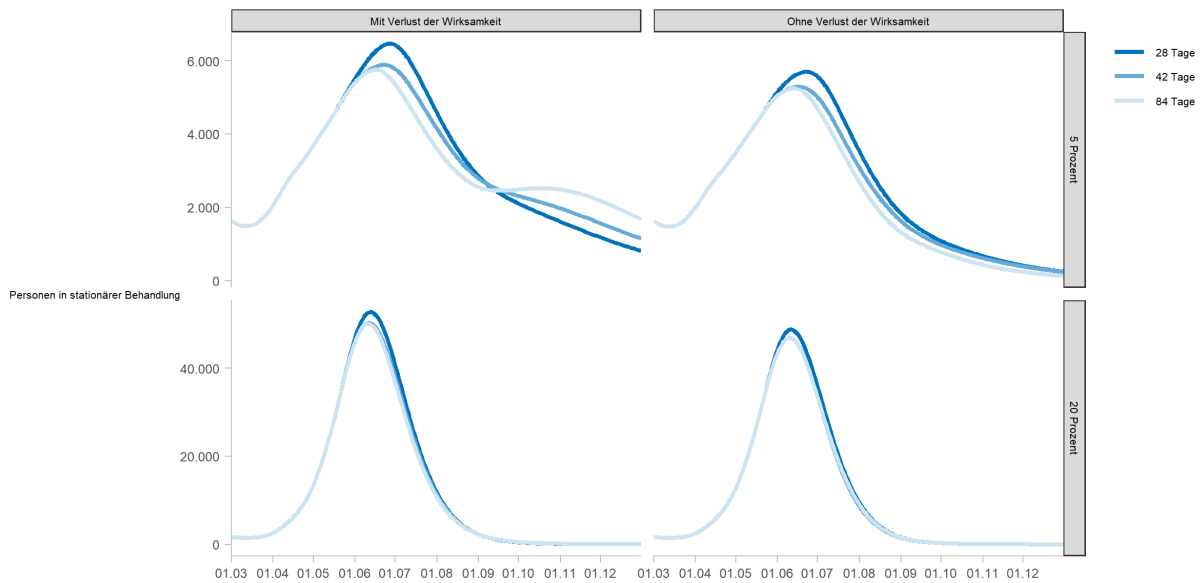


Abbildung 7: Vergleich der Entwicklungen der ITS-Bettenbelegung abhängig von dem Abstand zwischen der ersten und zweiten Dosis der mRNA Impfung. Modelliert wurde eine Öffnung von 5 und 20 Prozent zum 15.03.2021

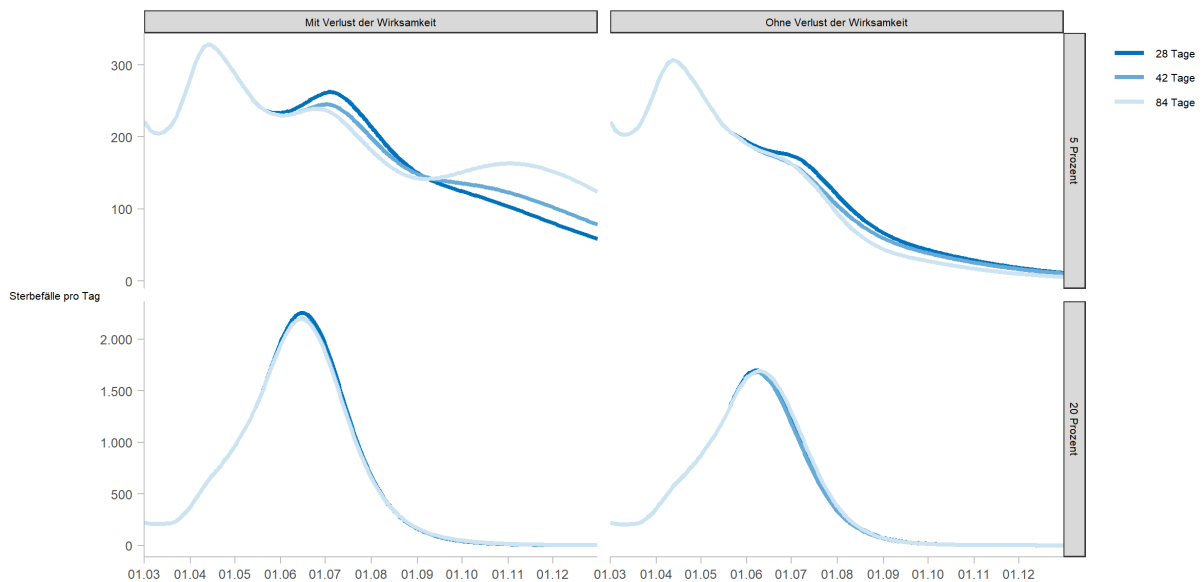


Abbildung 8: Vergleich der Entwicklungen der Todesfälle abhängig von dem Abstand zwischen der ersten und zweiten Dosis der mRNA Impfung. Modelliert wurde eine Öffnung von 5 und 20 Prozent zum 15.03.2021

Die Modellierung mit der Annahme einer 20%-igen Öffnung am 15.03.2021 führt zu sehr hohen erwarteten Infektionszahlen, ITS-Belegungen und Todesfällen. Daher beziehen sich folgende Ergebnisse auf die Modellierung mit einer Öffnung von 5 %. Eine Öffnung auf 5 % zeigt sowohl im Hinblick auf die erwartete Auslastung der ITS-Betten als auch auf die Todesfälle, dass unter der Annahme, dass ein Verlust der Wirksamkeit existiert, zwar kurzfristig durch einen längeren Abstand die erwartete Anzahl geringer ist, sich jedoch die langfristig umdreht.

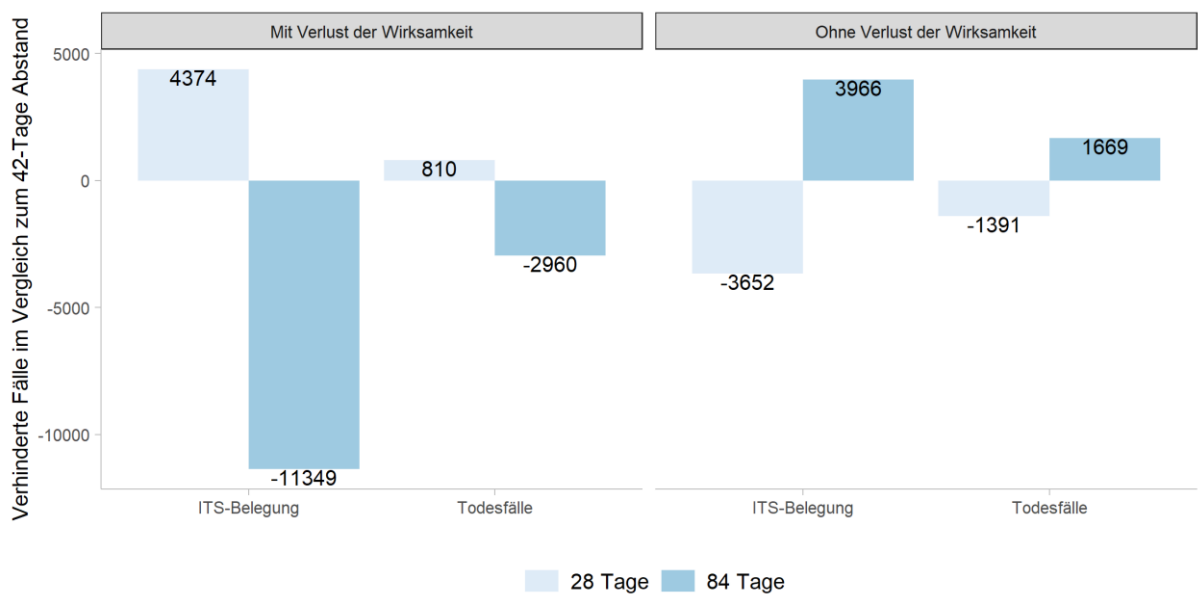


Abbildung 9: Vergleich der erwarteten ITS- und Todesfälle bei einem Abstand von 28 bzw. 84 Tagen zwischen der ersten und zweiten Impfung im Vergleich zu einem Abstand von 42 Tagen. Es wurde eine Öffnung von 5 Prozent am 15.03.2021 angenommen.

Die Modellierung zeigt, dass die Entscheidung, ob der Abstand zwischen der ersten und zweiten Dosis verlängert werden sollte, stark von der Annahme abhängt, ob die Impfung mit der Zeit ihre Wirkung verliert oder nicht. Die Modellierung unterstützt demnach die Entscheidung der STIKO, einen Abstand von 42 Tagen zwischen der ersten und zweiten Impfung zu wählen.

3.3 Ergebnisse zur Frage der Umverteilung des AstraZeneca Impfstoffs

Die Modellierung zur Quantifizierung der Effekte einer Altersgrenze für den Impfstoff des Herstellers AstraZeneca wurde Ende März durchgeführt und beruht auf den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Wissenstand.

Für die Analyse der Umverteilung des Impfstoffes von AstraZeneca wurden drei Szenarien berechnet.

- **Szenario 1:** AstraZeneca wird weiterhin an alle Altersgruppen verimpft und ist verfügbar (Status-Quo)
- **Szenario 2:** AstraZeneca wird zum 01.04. für ≥ 60 Jahre empfohlen (neue STIKO-Empfehlung)
- **Szenario 3:** kompletter Ausfall von AstraZeneca am 01.04. („worst-case“)

Durch einen Ausfall der Lieferungen von AstraZeneca oder der Änderung der STIKO-Empfehlung bleiben Personen, die bereits die erste Impfung im März erhalten haben, in einem Ein-Dosis-Szenario. Impfungen, die ihre Erstdosis im Februar erhalten haben, erhalten in der Modellierung trotz der Empfehlung der STIKO, eine ihre Zweitdosis, da in diesem Zeitraum die zweite Impfdosis zurückgehalten wurde. Die Empfehlung der STIKO, denjenigen Personen, die bereits eine Dosis AstraZeneca erhalten haben, als Zweitdosis einen mRNA Impfstoff zu geben, konnte nicht berücksichtigt werden.

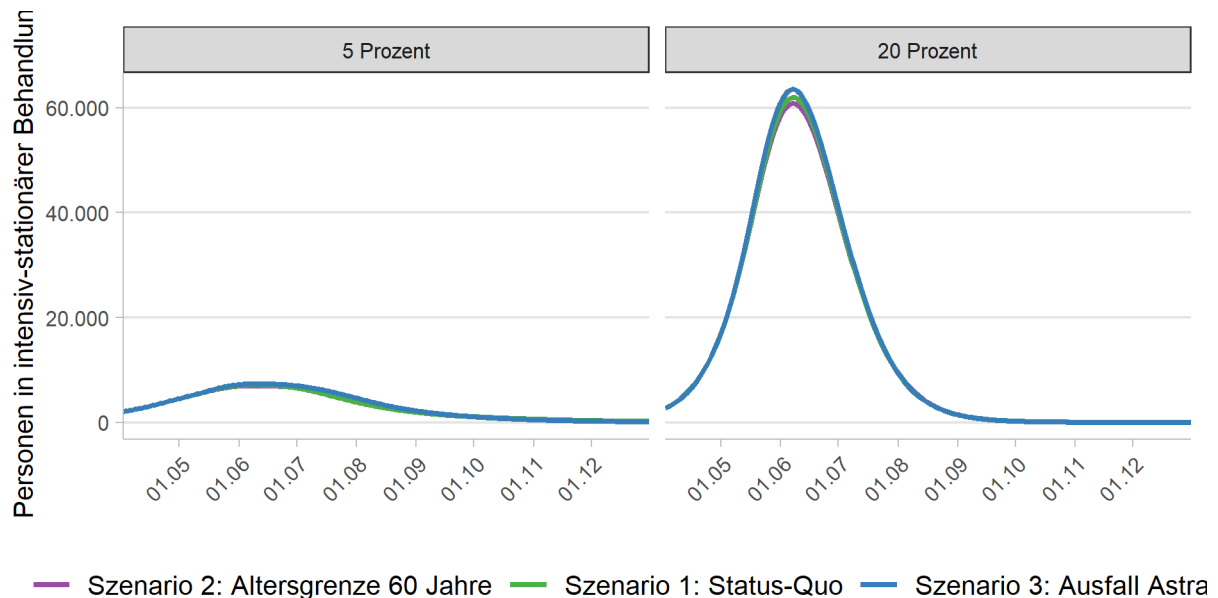


Abbildung 10: Vergleich der Entwicklungen der ITS-Bettenbelegung von der Status-Quo, der Einführung einer Altersgrenze bei 60 Jahren für den AstraZeneca Impfstoff und einem kompletten Ausfall der AstraZeneca Impfung

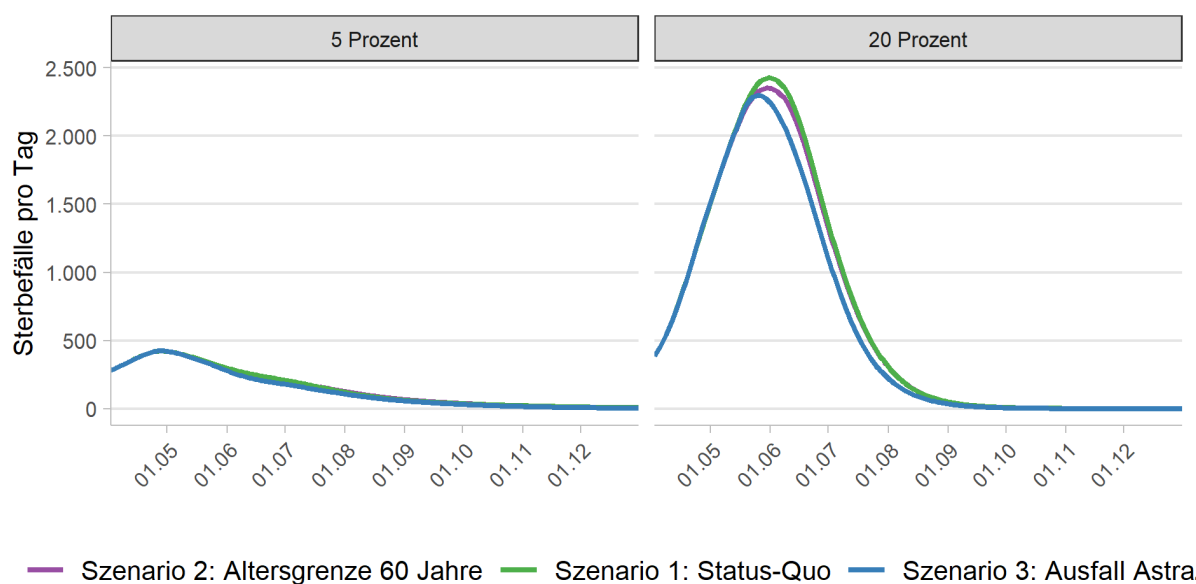


Abbildung 11: Vergleich der Entwicklungen der Todeszahlen von dem Status-Quo, der Einführung einer Altersgrenze bei 60 Jahren für den AstraZeneca Impfstoff und einem kompletten Ausfall der AstraZeneca Impfung

Die Ergebnisse der Modellierung, bei der eine Öffnung von 20 % angenommen wurde, zeigt eine deutliche zu hoher Anzahl an erwarteten Infektionen. Daher beziehen sich folgende Ergebnisse auf die Modellierung bei einer Öffnung von 5 %.

Outcome	Szenario 1 Status-Quo	Szenario 2 Alterscut 60 J.	Szenario 3 Ausfall AZ
Kumulative Anzahl Infektionen* bis Ende 2021	11.26 Mio. (10.12 - 11.97)	12.02 Mio. (10.83 - 12.77)	13.34 Mio. (12.06 – 14.18)
Kumulative Anzahl Todesfälle bis Ende 2021	40.589 (36121 – 43626)	40.385 (35965 - 43401)	37.948 (33823 – 40825)
Kumulative Anzahl ITS-Belegung bis Ende 2021	65.445 (58506 – 69761)	66.418 (59459 - 70766)	69.974 (62707 – 74542)
Max. Anzahl ITS-Belegung im Peak Welle 3	7.136 (6.302 – 7.619)	6.994 (6.176 – 7.468)	7.330 (6.477 – 7.832)
Kalenderwoche Peak Welle 3, ITS-Belegung	23	23	23
Kalenderwoche Auslauf Welle 3, ITS-Belegung <5.000	29	29	30

Tabelle 6 Modellierung verschiedener Impfstrategien in Bezug auf den Einsatz der AstraZeneca COVID-19 Vakzine. Annahmen: Britische Variante dominant (+35% mehr infektiös), 5% Lockerung ab 15.03.2021. Dargestellt sind Absolutwerte mit 95% Konfidenzintervallen bzw. Kalenderwoche. *Die Anzahl an Infektionen beinhaltet auch eine Dunkelziffer, die zu einer ca. 4-fachen Erhöhung im Vgl. zu den nach IfSG erfolgten Meldezahlen führt

Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf einen Zeitraum vom 01.04.2021 bis zum 31.12.2021.

Die Modellierung zeigt, dass die Umverteilung des Impfstoffes von AstraZeneca nur einen geringen, nicht-signifikanten Effekt auf den bevorstehenden Verlauf der Pandemie hat. Durch die Einführung einer Altersgrenze bei 60 Jahren für den AstraZeneca-Impfstoff erhalten Personen über 60 Jahre die gesamte Liefermenge. Im Gegensatz dazu wird die Liefermenge im ersten Szenario (Status-Quo) zwischen Personen in der Priorisierungsgruppe aufgrund des Alters und Personen mit beruflicher Indikation aufgeteilt. Die zu erwartende Anzahl an Infektionen steigt um 0,76 Mio. (+6,7%) Fälle, was v.a. auf den Ausfall in der letztgenannten Personengruppe zurückzuführen ist. Die Anzahl der IST-Belegung und Todesfälle ändern sich nur geringfügig. Der Zeitpunkt des zu erwartenden Höchststandes sowie das Ende der aktuellen dritten Welle werden nicht beeinflusst.

Würde es zu einem kompletten Ausfall der Lieferungen von AstraZeneca zum 01.04.2021 kommen, so stiegen die zu erwartenden Infektionszahlen um zusätzliche 2,08 Mio. (+18,5%). Im Gegensatz dazu würde die Anzahl der zu erwartenden Todesfälle um 2511 (-6,6%) Fälle sinken. Grund hierfür ist, dass Personen, die im ersten Szenario (Status-Quo) den AstraZeneca Impfstoff erhalten hätten, im Modell im Szenario 3 den Impfstoff von Janssen Cilag International erhalten. Für diesen Ein-Dosis Impfstoff wird eine 100 prozentige Wirksamkeit gegen Hospitalisierung angenommen, was zu einer vollständigen Verhinderung von Todesfällen im Krankenhaus führt. Die Summe der ITS-Belegungen steigt im Vergleich zum Status-Quo um 4529 (+6,9%) an, da der Ausfall der AstraZeneca Impfung dazu führt, dass jüngere Personen die Impfung später erhalten. Diese Personen haben aber im ungeimpften Zustand ein höheres Risiko, einen schweren COVID-19 Verlauf zu erleiden, der intensiv-medizinische Betreuung benötigt.

3.3.1 Limitation der Ergebnisse

Die folgenden Limitationen beziehen sich auf die vorstellte Analyse zur Umverteilung des AstraZeneca-Impfstoffes.

Die Modellierung wurde auf der Basis verschiedener Annahmen gemacht und nicht alle Aspekte, die mit einer Änderung der Impfstrategie zusammenhängen, konnten berücksichtigt werden. So könnte beispielsweise die Einführung einer Altersgrenze bei 60 Jahren bei dem Impfstoff von AstraZeneca einen negativen Einfluss auf die Impfbereitschaft, das Vertrauen in die COVID-19 Impfung und in die verantwortlichen Institutionen insgesamt haben. Durch die Dynamik des Geschehens und damit verbundene Umstellung der Einladungssysteme, könnte dazu führen, dass es zeitliche Verzögerungen in der Terminvergabe gibt und damit verbunden eine potentielle Verzögerung im Impffortschritt bzw. in der Bekämpfung der Pandemie.

In den vergangenen Wochen wurde mehrfach in der Presse über die aufgetretenen, teils tödlich verlaufenden Sinusvenenthrombosen bei jungen Frauen berichtet. Wie sich diese Berichte bereits auf die Impfbereitschaft und das Vertrauen der Bevölkerung gegenüber der COVID-19 Impfungen ausgewirkt haben, ist ungewiss.

Impfwillige über 60 Jahren, die aufgrund der definierten Priorisierungsreihenfolge bislang noch kein Impfangebot erhalten haben, könnten durch die Umverteilung früher einen Termin erhalten, wenn sie sich für den AstraZeneca Impfstoff entscheiden. Das Bewusstsein, dass das Risiko einer COVID-19 Erkrankung und den damit verbundenen potentiellen schweren Folgen höher ist, als das Risiko schwerer Nebenwirkungen hervorgerufen durch die AstraZeneca Impfung, soll begleitend zu der Empfehlung der STIKO gestärkt werden.

Insgesamt lässt sich damit nur schwer einschätzen, ob negative Konsequenzen eintreten und in welchem Grad. Daher könnte dies nicht im Modell berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurde in der Modellierung das dritte Szenario hinzugefügt, in dem ein kompletter Ausfall der AstraZeneca Impfungen zum 01.04 modelliert wurde. Diese stellt eine Art „worst-case“ Szenario dar. Das ist aber nur einer von mehreren möglichen negativen Konsequenzen.

3.4 Ergebnisse zur Entscheidung einer generelle Impfpflicht für 12- bis 17-Jährige

Die Modellierung zur Quantifizierung der direkten als auch indirekten Effekte einer erhöhten Impfbereitschaft der 12- bis 17- Jährigen wurde Anfang August durchgeführt und beruht auf den zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Wissenstand.

Um die Effekte der breiten Impfung von Kindern und Jugendlichen (12 bis 17 Jahre, ohne Vorerkrankung) im Vergleich zu der bestehenden Empfehlung für 12- bis 17- Jährige mit Vorerkrankungen sowie mit besonderem Risiko zu quantifizieren, wurde eine mathematische Modellierung durchgeführt.

Es wird angenommen, dass sich 20% der gesunden Kinder und Jugendlichen auch bei einer eingeschränkten Empfehlung für vorerkrankte 12- bis 17- Jährige sich für eine Impfung entscheiden. Dieses soll den Status-Quo darstellen. Aus diesem Grund wird bei der Analyse der Ergebnisse der (relative) Effekt auf die Fallzahlentwicklung bei einer Steigerung der Impfbereitschaft von 20% auf 50% bzw. 80% betrachtet.

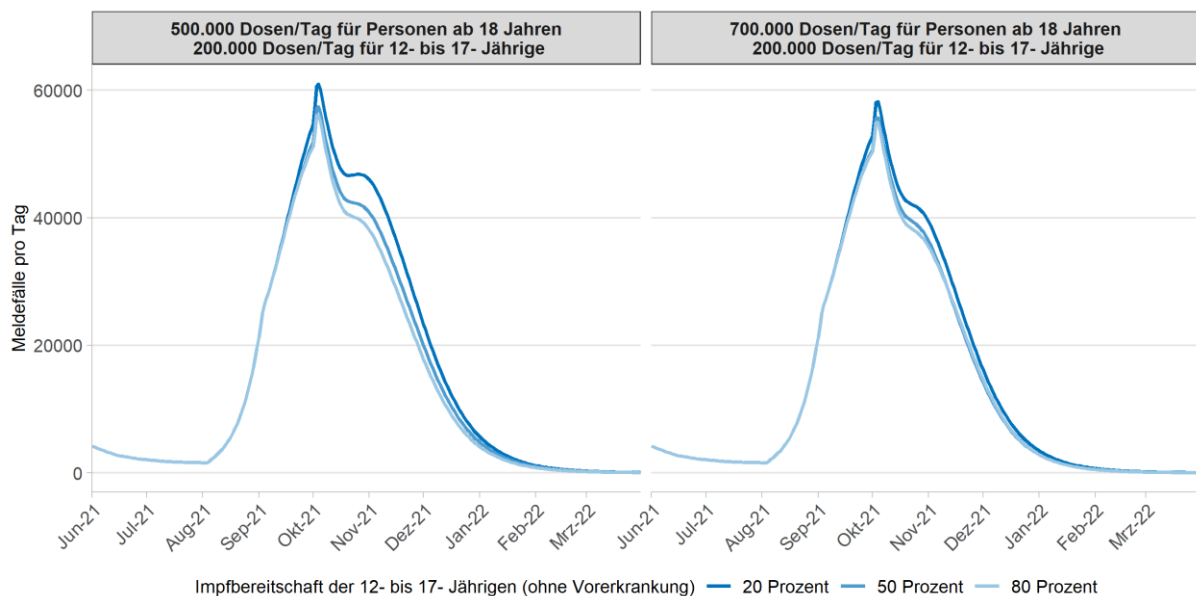


Abbildung 12 Darstellung der Meldefälle pro Tag (asymptomatische als auch symptomatische) in der vierten Welle abhängig von der Impfbereitschaft der 12- bis 17- Jährigen und der Inanspruchnahme des bestehenden Impfangebotes der ≥ 18 -Jährigen (tägliche Dosen). Es wurde eine Impfbereitschaft von 75% in der Altersgruppe 18 bis 59 Jahren und 90% Impfbereitschaft bei Personen ≥ 60 Jahren sowie bei Kindern und Jugendlichen (12 bis 17 Jahre) mit Vorerkrankungen angenommen. Für Kinder und Jugendliche stehen ab dem 15. August täglich 200.000 Dosen bereit.

Abbildung 12 zeigt den erwarteten Verlauf der vierten Welle in Abhängigkeit von der Impfbereitschaft der 12- bis 17-Jährigen und der Inanspruchnahme des Impfangebotes der ≥ 18 -Jährigen. Dabei führt eine höhere Anzahl an täglichen Dosen für Erwachsene dazu, dass die Impfquote von 75% schneller erreicht wird und damit mehr Personen über einen Impfschutz während der vierten Welle verfügen. Durch diesen Impfschutz schützen sie sich nicht nur selber, sondern indirekt ihr Umfeld. Der Einfluss der Impfung der 12- bis 17-Jährigen wird mit steigender Anzahl der täglichen Dosen für ≥ 18 -Jährige

geringer. Insgesamt ist jedoch kein wesentlicher bzw. nur ein geringer Effekt der Impfung dieser Altersgruppe auf den Verlauf der vierten Welle zu erkennen.

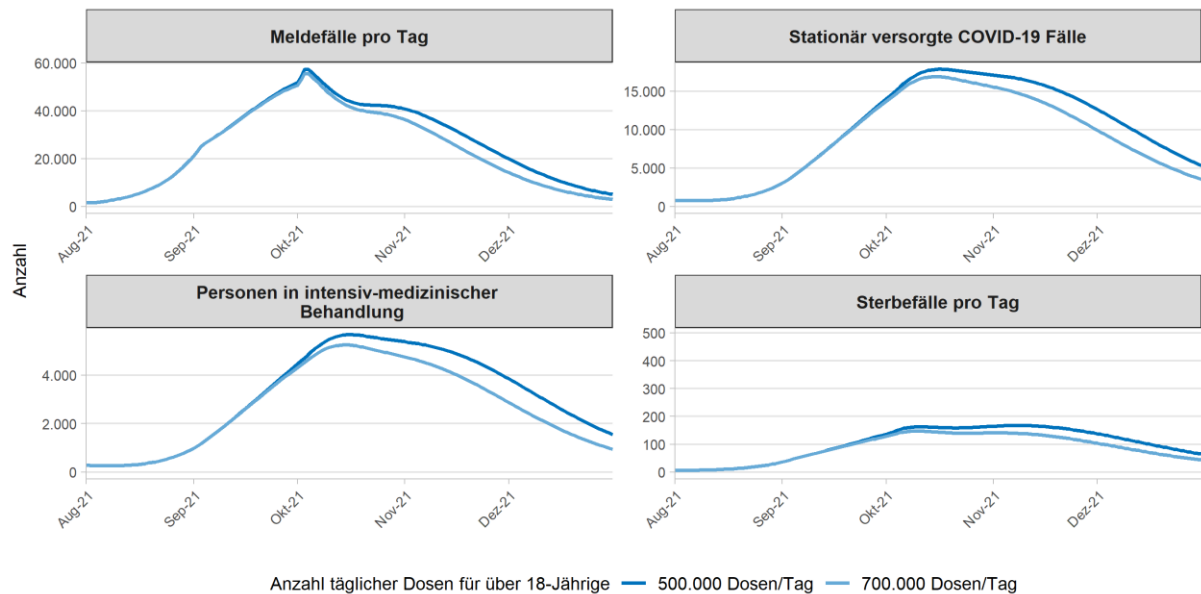


Abbildung 13 Darstellung der Meldefälle, stationären sowie intensivmedizinischen Fälle und Sterbefälle bei einer Impfbereitschaft von 50% der 12-17-Jährigen und 75% bei den 18-59-Jährigen abhängig von der Anzahl täglicher Dosen für Personen ≥ 18 Jahre. Für Kinder und Jugendliche (<18 Jahre) wurden in beiden Szenarien täglich 200.000 Dosen angenommen.

In der neunten wissenschaftlichen Begründung zur Entscheidung der STIKO, eine generelle Empfehlung für Kinder und Jugendliche zwischen 12 bis 17 Jahren auszusprechen, wurden bereits die wesentlichen Ergebnisse erläutert. Die dort dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf eine Impfbereitschaft von 75% in der Altersgruppe 18 bis 59 Jahren und vergleichen darüber hinaus verschiedene Szenarien, wie schnell die Bevölkerung das bestehende Impfangebot wahrnimmt und damit wie viel Prozent der Bevölkerung über einen Impfschutz insbesondere im Verlauf der vierten Welle verfügt. Zusätzlich werden in [Tabelle 8](#) die 95% Prädiktionsintervalle dargestellt, die die Unsicherheit des Modells verdeutlichen.

Ergänzend zu den bereits dargestellten Ergebnissen wurden verschiedene Impfbereitschaften der 18- bis 59- Jährigen analysiert: Zum einen eine Impfbereitschaft von 65%, zum anderen einen Impfbereitschaft von 85% jeweils mit 500.000 bzw. 700.000 Dosen pro Tag für Personen ≥ 18 Jahren und 200.000 Dosen pro Tag für 12- bis 17- Jährige.

[Abbildung 13](#) zeigt, den Verlauf der vierten Welle bei einer Impfbereitschaft von 75% der 18- bis 59-Jährigen und 50% bei 12- bis 17-Jährigen abhängig von der Anzahl der täglich verimpften Dosen für Personen ≥ 18 Jahren. Es ist deutlich zu erkennen, dass ein schnelleres Erreichen der Impfquote von 75% zu einem milderem Verlauf der vierten Welle führt. Im Juni dieses Jahres wurde innerhalb eines Tages über 1,4 Millionen Dosen verimpft. Aktuell liegt der wöchentliche Durchschnitt deutlich unter 500.000 Dosen pro Tag. Im Hinblick auf die zunehmenden Privilegien, Ende der Schulferien und kostenlosen Tests wird angenommen, dass die Anzahl der täglichen Dosen nochmal steigen wird. Ausreichend Kapazität sowie genügend Impfstoff ist vorhanden, um die Impfquoten zeitnah zu

erhöhen. Die in der Modellierung angenommenen täglichen Dosen von 500.000 Dosen bzw. 700.000 Dosen pro Tag sind damit realistisch und liegen damit noch deutlich unter dem theoretisch möglichen.

Eine Interpretation der Ergebnisse liefert [Tabelle 7](#) und einen vollständigen Überblick über die erwarteten Fallzahlen liefern die [Tabellen 8-10](#). Dargestellt sind neben den berechneten Fallzahlen (Meldezahlen, die sowohl symptomatische als auch asymptomatische Fälle beinhalten, Stationär versorgte COVID-19 Fälle sowie intensivmedizinische Fälle), die zu erwartende Nutzen (verhinderte Fälle) durch eine Steigerung der Impfbereitschaft der gesunden 12- bis 17- Jährigen von 20% hinzu einer Impfbereitschaft zu 50% bzw. 80%. Zu beachten ist, dass bei steigender Anzahl an täglichen Dosen Kinder und Jugendliche von einem indirekten Schutz durch Erwachsene profitierten. Dadurch ist die (relative) Anzahl an verhinderten Fällen durch einen direkten Schutz geringer bei 700.00 Dosen pro Tag geringer als bei 500.000 Dosen pro Tag für Personen ≥ 18 Jahren.

3.4.1 Limitation der Ergebnisse

Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich auf den Zeitraum vom August bis Dezember 2021. Die berechneten Fallzahlen hängen damit stark vom Verlauf der vierten Welle ab. Der Verlauf dieser Welle wird insbesondere durch das Auftreten der Delta-Variante, dem Kontaktverhalten der Bevölkerung während der Sommermonate, der Risikowahrnehmung und damit verbundenen Reduktion der täglichen Kontakte bei steigenden Fallzahlen sowie durch den Anstieg der Infektiosität im Herbst geprägt. Die Wahl der Parameter, die für den Verlauf der vierten Welle entscheidend sind, wurde basierend auf dem derzeitigen Wissenstand sowie auf Erkenntnissen der vergangenen Monate der Pandemie getroffen. Dennoch unterliegen diese Einschätzungen einer gewissen Unsicherheit. Daher sollten die dargestellten Ergebnisse entsprechend interpretiert und eher als Vergleich der Szenarien betrachtet werden.

Insbesondere bei der Anzahl der Hospitalisierungen muss berücksichtigt werden, dass hier die IfSG-Meldezahlen verwendet werden und auch Fälle übermittelt werden, bei denen die Krankenhausaufnahme eine andere Ursache hatte und der SARS-CoV-2-Nachweis im Rahmen des Aufnahmescreenings erfolgt ist. Damit ist es zu vermuten, dass es zu einer Überschätzung der berechneten stationären und damit auch der intensivmedizinischen Fällen kommt.

Die Verteilung der Impfstoffe erfolgt in der Modellierung über einen separaten Algorithmus unabhängig von den tatsächlich verimpften Dosen und ist damit keine exakte Darstellung der Realität. Insbesondere das von der STIKO empfehlende heterologen Impfschema kann nicht direkt abgebildet werden, wodurch der Schutz unterschätzt wird.

Zusätzlich wird angenommen, dass Impfstoffe ohne zeitverzug genutzt werden und nicht verworfen werden. Die Annahmen zur Impfstoffverfügbarkeit beruhen auf Angaben mit dem Stand Juli 2021. Zu dem Zeitpunkt wurde Impfstoff des Herstellers AstraZeneca noch ausgeliefert. Mittlerweile ist bekannt, dass dieser Impfstoff kaum noch genutzt wird und teils sogar zurückgeholt wird. Damit überschätzt das Modell insbesondere die Anzahl der Personen, die mit AstraZeneca geimpft werden. Durch diese Limitationen und den angenommenen impfstoffspezifischen Wirksamkeiten steigt im Modell bei einer Impfquote von 85% die Anzahl der Hospitalisierungen im Vergleich zu einer Impfquote von 75% an. Dies ist in der Realität nicht zu erwarten und beruht auf einer Limitation der Modellierung.

Impfbereitschaft der 18- bis 59- Jährigen			
	65 Prozent	75 Prozent	85 Prozent
Fallzahlentwicklung der 12-17-jährigen (Direkter Effekt)	<p>Bei einer Impfbereitschaft von 65% der 18- bis 59-jährigen können und 500.000 Dosen/Tag für Erwachsene können durch die Erhöhung der Impfbereitschaft der 12-17-jährigen von 20% auf 50% [80%] 35% (n=156.618) [54% (n=243.664)] der Meldefälle, 34% (n=1876) [53% (n=2.916)] der stationären und 34% (n=35) [53% (n=54)] der intensivmedizinischen Fälle der 12-17-Jahren verhindert werden.</p> <p>Wenn zusätzlich die Inanspruchnahme des Impfangebotes durch Erwachsene steigt können insgesamt 39% (n=175.000) [54% (n=243.996)] der Meldefälle, 38% (n=2100) [53% (n=2.925)] der stationären und 38% (n=39) [53% (n=54)] der intensivmedizinischen Fälle verhindert werden</p>	<p>Durch einen direkten Schutz allein können durch eine Erhöhung der Impfbereitschaft von 20% auf 50% [80%] (12-17 Jahre, ohne Vorerkrankung) und der Annahme von 500.000 Dosen/Tag für Personen ≥18 Jahre 37% (n=165.119) [56% (n=250.305)] der Meldefälle, 36% (n=1.966) [55% (n=2.997)] der stationären und 36% (n=36) [54% (n=55)] der intensivmedizinischen Fälle in der Altersgruppe 12 bis 17 Jahre verhindert werden.</p> <p>Wenn zusätzlich anstatt von 500.000 Dosen/ Tag 700.000 Dosen/Tag verimpft werden, können durch sowohl direkte als auch indirekte Effekte insgesamt 39% (n=175.329) [55% (n=245.060)] Meldefälle, 38% (n=2.101) [54% (n=2.937)] stationäre und 39% (n=39) [53% (n=54)] der ITS-Fälle verhindert werden.</p>	<p>Bei einer Impfbereitschaft von 85% der 18-59-Jährigen und unter der Annahme von 500.000 Dosen/Tag für Personen ≥18 Jahre können durch eine Steigerung der Impfbereitschaft von 20% auf 50% 37% (n=166.319) [56% (n=254.417)] der Meldefälle, 36% (n=1.992) [55% (n=3.046)] der stationären und 36% (n=37) [56% (n=57)] der intensivmedizinischen Fälle in der Altersgruppe 12-17 Jahre (direkter Schutz) verhindert werden.</p> <p>Erhöht sich zusätzlich die Anzahl täglicher Dosen bei den Erwachsenen, profitierten 12-17-Jährige durch den sowohl indirekt als auch direkten Schutz. Insgesamt können damit 39% (n=177.404) [56% (n=254.036)] der Meldefälle, 39% (n=2129) [55% (n=3044)] der stationären sowie 39% (n=40) [56% (n=57)] der intensivmedizinischen Fälle verhindert werden.</p>
Fallzahlentwicklung der 0-11-jährigen (Indirekter Effekt)	<p>Durch einen indirekten Schutz können jeweils 7% (n=62.399) [10% (n=98.145)] der Meldefälle, 7% (n=768) [10% (n=1.204)] der stationären und 6% (n=14) [10% (n=22)] der ITS-Fälle in der Altersgruppe null bis elf Jahren verhindert werden, sich statt 20% (Status Quo) 50% [80%] der 12-17-jährigen impfen lassen.</p> <p>Steigt zusätzlich die Anzahl täglicher Dosen bei den Erwachsenen von 500.000 Dosen/Tag auf 700.000 Dosen können 13% (n=118.437) [14% (n=129.598)] und 13% (n=1442) [14% (n=1.582)] der stationären sowie 12% (n=26) [13% (n=29)] der intensivmedizinischen Fälle verhindert werden.</p>	<p>Durch einen indirekten Schutz der Kinder unter 12 Jahren durch die 12-bis 17-jährigen (Erhöhung der Impfbereitschaft von 20% auf 50% [80%], 500.000 Dosen/Tag für Personen ≥18 Jahren) können 7% (n=65.915) [11% (n=102.581)] der Meldefälle, 7% (n=811) [11% (n=1.258)] der stationären und 7% (n=15) [11% (n=24)] der ITS-Fälle verhindert werden.</p> <p>Wenn zusätzlich die Anzahl der täglichen Dosen von 500.000 auf 700.000 für Personen ≥18 Jahren erhöht wird, können insgesamt 12% (n=119.126) [14% (n=131036)] der Meldefälle, 13% (n=1.449) [14% (n=1598)] und 13% (n=27) [14% (n=30)] der ITS-Fälle verhindert werden.</p>	<p>Bei einer Impfbereitschaft von 85% und 500.000 Dosen für Erwachsene sowie einer Steigerung von 20% auf 50% [80%] der Impfbereitschaft von 12-17-jährigen können 7% (n=66.946) [11% (n=104.821)] der Meldefälle, 7% (n=824) [8% (n=1.286)] der stationären und 7% (n=16) [11% (n=24)] der ITS-Fälle verhindert werden.</p> <p>Wird zusätzlich die Anzahl täglicher Dosen auf 700.000 Dosen erhöht, können insgesamt 13% (n=119.178) [14% (n=133.453)] der Meldefälle, 12% (n=1.449) [14% (n=1627)] der stationären sowie 13% (n=27) [14% (n=30)] der intensivmedizinischen Fälle verhindert werden.</p>

Tabelle 7 Interpretation der direkten Effekte einer Impfung von 12-17-jährigen sowie indirekten Effekten auf die erwarteten Fallzahlen auf unter zwölf Jährigen bei einer Steigerung der Impfbereitschaft (12-17 Jahre, ohne Vorerkrankung) von 20% auf 50% [80%] abhängig von der Impfbereitschaft der 18-59-Jährigen zwischen August und Dezember 2021. Für Personen ≥60 Jahren und 12-17-Jährige mit Vorerkrankung wurde eine Impfbereitschaft von 90% angenommen. Für 12-17-Jährige stehen in der Modellierung täglich 200.000 Dosen/Tag bereit. Im Basisszenario wird angenommen, dass für Erwachsene 500.000 Dosen täglich genutzt werden. Zusätzlich wird dargestellt, wie sich täglich 700.000 Dosen auf die Fallzahlen der unter 18-Jährigen auswirken wird. Die stationären sowie intensivmedizinischen Fälle beruhen auf den IfSG-Meldezahlen, wodurch es zu einer Überschätzung kommen kann.

Altersgruppe	Berechnete Fallzahlen zwischen 01. August bis 31. Dezember 2021 abhängig von der Impfquote der 12- bis 17-jährigen (n [95% Prädiktionsintervall])			Verhinderte Fälle im Vergleich zu einer 20%igen auf 50% bzw. 80% Impfquote der 12- bis 17- Jährigen (% (n))	
	20 Prozent	50 Prozent	80 Prozent	50 Prozent	80 Prozent
Unter 12	935.210 [911.152, 979.204]	869.295 [846.214, 909.926]	832.629 [810.221, 870.534]	-7.05% (-65.915)	-10.97% (-102.581)
12 bis 17	449.477 [437.024, 470.830]	285.358 [275.570, 298.127]	199.172 [190.840, 205.847]	-36.51% (-164.119)	-55.69% (-250.305)
18 bis 59	2.885.723 [2.805.403, 3.008.098]	2.776.683 [2.698.107, 2.893.155]	2.720.144 [2.642.652, 2.832.453]	-3.78% (-109.040)	-5.74% (-165.579)
60 und älter	168.377 [163.480, 175.993]	160.188 [155.417, 167.296]	155.853 [151.162, 162.607]	-4.86% (-8.189)	-7.44% (-12.524)
Unter 12	11.587 [11.289, 12.125]	10.776 [10.490, 11.272]	10.329 [10.051, 10.791]	-7% (-811)	-10.86% (-1.258)
12 bis 17	5.466 [5.315, 5.723]	3.500 [3.380, 3.654]	2.469 [2.366, 2.552]	-35.97% (-1.966)	-54.83% (-2.997)
18 bis 59	77.733 [75.595, 81.090]	74.870 [72.777, 78.067]	73.367 [71.304, 76.452]	-3.68% (-2.863)	-5.62% (-4.366)
60 und älter	27.029 [26.259, 28.274]	25.676 [24.927, 26.834]	24.965 [24.230, 26.064]	-5.01% (-1.353)	-7.64% (-2.064)
Unter 12	215 [209, 225]	200 [194, 209]	191 [186, 200]	-6.98% (-15)	-11.16% (-24)
12 bis 17	101 [98, 106]	65 [63, 68]	46 [44, 47]	-35.64% (-36)	-54.46% (-55)
18 bis 59	17.909 [17.417, 18.688]	17.257 [16.776, 18.000]	16.914 [16.440, 17.630]	-3.64% (-652)	-5.56% (-995)
60 und älter	9.195 [8.931, 9.607]	8.747 [8.490, 9.131]	8.512 [8.259, 8.877]	-4.87% (-448)	-7.43% (-683)
500.000 Dosen/Tag für Personen ≥ 18 Jahre und 200.000 Dosen/Tag für 12- bis 17- Jährige					
Unter 12	864.896 [842.238, 903.738]	816.084 [794.150, 852.209]	804.174 [782.373, 839.676]	-5.64% (-48.812)	-7.02% (-60.722)
12 bis 17	421.876 [410.029, 441.288]	274.148 [264.652, 285.910]	204.417 [196.039, 211.356]	-35.02% (-147.728)	-51.55% (-217.459)
18 bis 59	2.523.003 [2.450.008, 2.617.574]	2.501.594 [2.428.902, 2.594.802]	2.557.750 [2.483.716, 2.656.515]	-0.85% (-21.409)	1.38% (34.747)
60 und älter	123.629 [119.479, 128.764]	120.226 [116.127, 125.131]	120.638 [116.525, 125.616]	-2.75% (-3.403)	-2.42% (-2.991)
Unter 12	10.737 [10.456, 11.212]	10.138 [9.866, 10.580]	9.989 [9.719, 10.423]	-5.58% (-599)	-6.97% (-748)
12 bis 17	5.131 [4.987, 5.364]	3.363 [3.246, 3.505]	2.529 [2.426, 2.615]	-34.46% (-1.768)	-50.71% (-2.602)
18 bis 59	68.441 [66.489, 71.086]	67.858 [65.915, 70.463]	69.232 [67.256, 71.974]	-0.85% (-583)	1.16% (791)
60 und älter	20.151 [19.496, 20.987]	19.557 [18.911, 20.353]	19.577 [18.930, 20.380]	-2.95% (-594)	-2.85% (-574)
Unter 12	199 [194, 208]	188 [183, 196]	185 [180, 193]	-5.53% (-11)	-7.04% (-14)
12 bis 17	95 [92, 99]	62 [60, 65]	47 [45, 48]	-34.74% (-33)	-50.53% (-48)
18 bis 59	15.772 [15.323, 16.387]	15.645 [15.198, 16.251]	15.960 [15.506, 16.598]	-0.81% (-127)	1.19% (188)
60 und älter	6.647 [6.425, 6.913]	6.460 [6.241, 6.714]	6.469 [6.250, 6.725]	-2.81% (-187)	-2.68% (-178)
700.000 Dosen/Tag für Personen ≥ 18 Jahre und 200.000 Dosen/Tag für 12- bis 17- Jährige					

Tabelle 7 Erwartete Fallzahlen der Melde-, stationären, intensivmedizinischen Fälle für den Zeitraum 01. August bis 31. Dezember abhängig von der Impfquote von der 12- bis 17- Jährigen. Für die Altersgruppe 18- bis 59 Jahre wurde eine Impfquote von 75% und für Personen ≥ 60 Jahre sowie Kinder und Jugendliche (12 bis 17 Jahre, mit Vorerkrankung) wurde eine Impfquote von 90% angenommen. In der Modellierung werden täglich max. 200.000 Dosen für gesunde 12- bis 17- Jährige bereitgestellt sowie max. 500.000 bzw. 700.000 Dosen/Tag für die restliche Bevölkerung.

Altersgruppe	Berechnete Fallzahlen zwischen 01. August bis 31. Dezember 2021 abhängig von der Impfquote der 12- bis 17-Jährigen (n [95% Prädiktionsintervall])			Verhinderte Fälle im Vergleich zu einer 20%igen auf 50% bzw. 80% Impfquote der 12- bis 17-Jährigen (% (n))		
	20 Prozent	50 Prozent	80 Prozent	50 Prozent	80 Prozent	80 Prozent
Unten 12	943.105 [918.914, 987.823]	880.706 [857.446, 922.270]	844.960 [822.363, 883.901]	-6.62% (-62.399)	-10.41% (-98.145)	
12 bis 17	452.357 [439.863, 473.934]	295.739 [285.795, 309.001]	208.693 [200.261, 215.740]	-34.62% (-156.618)	-53.87% (-243.664)	
18 bis 59	2.974.744 [2.892.682, 3.104.002]	2.866.941 [2.786.629, 2.990.475]	2.812.310 [2.733.073, 2.931.900]	-3.62% (-107.803)	-5.46% (-162.434)	
60 und älter	150.230 [145.651, 157.181]	143.453 [138.981, 149.970]	139.854 [135.451, 146.070]	-4.51% (-6.777)	-6.91% (-10.376)	
Unten 12	11.685 [11.386, 12.232]	10.917 [10.630, 11.425]	10.481 [10.202, 10.957]	-6.57% (-768)	-10.3% (-1.204)	
12 bis 17	5.501 [5.349, 5.761]	3.625 [3.503, 3.786]	2.585 [2.481, 2.672]	-34.1% (-1.876)	-53.01% (-2.916)	
18 bis 59	83.453 [81.186, 87.157]	80.497 [78.279, 84.039]	78.984 [76.796, 82.413]	-3.54% (-2.956)	-5.36% (-4.469)	
60 und älter	24.551 [23.822, 25.695]	23.412 [22.702, 24.482]	22.811 [22.112, 23.830]	-4.64% (-1.139)	-7.09% (-1.740)	
Unten 12	216 [211, 227]	202 [197, 212]	194 [189, 203]	-6.48% (-14)	-10.19% (-22)	
12 bis 17	102 [99, 107]	67 [65, 70]	48 [46, 49]	-34.31% (-35)	-52.94% (-54)	
18 bis 59	19.462 [18.935, 20.333]	18.780 [18.264, 19.613]	18.430 [17.922, 19.237]	-3.5% (-682)	-5.3% (-1.032)	
60 und älter	8.263 [8.013, 8.638]	7.892 [7.648, 8.243]	7.697 [7.456, 8.031]	-4.49% (-371)	-6.85% (-566)	
500.000 Dosen/Tag für Personen ≥ 18 Jahre und 200.000 Dosen/Tag für 12- bis 17-jährige						
700.000 Dosen/Tag für 12- bis 17-jährige						
Unten 12	871.976 [849.206, 911.603]	824.668 [802.600, 861.687]	813.507 [791.563, 849.936]	-5.43% (-47.308)	-6.71% (-58.469)	
12 bis 17	424.218 [412.340, 443.884]	277.357 [267.810, 289.311]	208.361 [199.957, 215.421]	-34.62% (-146.861)	-50.88% (-215.857)	
18 bis 59	2.588.710 [2.514.602, 2.689.037]	2.569.963 [2.496.109, 2.669.162]	2.629.157 [2.553.807, 2.734.274]	-0.72% (-18.747)	1.56% (40.447)	
60 und älter	154.989 [150.453, 161.605]	150.977 [146.503, 157.329]	151.740 [147.241, 158.202]	-2.59% (-4.012)	-2.1% (-3.249)	
Unten 12	10.824 [10.542, 11.309]	10.243 [9.969, 10.696]	10.103 [9.831, 10.548]	-5.37% (-581)	-6.66% (-721)	
12 bis 17	5.159 [5.014, 5.395]	3.401 [3.284, 3.545]	2.576 [2.472, 2.663]	-34.08% (-1.758)	-50.07% (-2.583)	
18 bis 59	73.433 [71.372, 76.384]	72.819 [70.766, 75.729]	74.258 [72.170, 77.313]	-0.84% (-614)	1.12% (825)	
60 und älter	25.089 [24.370, 26.183]	24.392 [23.683, 25.438]	24.470 [23.759, 25.531]	-2.78% (-697)	-2.47% (-619)	
Unten 12	200 [195, 209]	190 [185, 198]	187 [182, 195]	-5% (-10)	-6.5% (-13)	
12 bis 17	96 [93, 100]	63 [61, 66]	48 [46, 49]	-34.38% (-33)	-50% (-48)	
18 bis 59	17.152 [16.673, 17.848]	17.010 [16.534, 17.698]	17.341 [16.856, 18.061]	-0.83% (-142)	1.1% (189)	
60 und älter	8.601 [8.352, 8.966]	8.371 [8.126, 8.722]	8.401 [8.155, 8.757]	-2.67% (-230)	-2.33% (-200)	

Tabelle 8 Erwartete Fallzahlen der Melde-, stationären sowie intensivmedizinischen Fälle für den Zeitraum 01. August bis 31. Dezember abhängig von der Impfquote von der 12- bis 17-Jährigen.
Für die Altersgruppe 18- bis 59 Jahre wurde eine Impfquote von 55% und für Personen ≥ 60 Jahre sowie Kinder und Jugendliche (12 bis 17 Jahre, mit Vorerkrankung) wurde eine Impfquote von 90% angenommen. In der Modellierung werden täglich max. 200.000 Dosen für gesunde 12- bis 17-jährige bereitgestellt sowie max. 500.000 bzw. 700.000 Dosen/Tag für die restliche Bevölkerung.

Altersgruppe	Berechnete Fallzahlen zwischen 01. August bis 31. Dezember 2021 abhängig von der Impfquote der 12- bis 17-Jährigen (n [95% Präzisionsintervall])			Verhinderte Fälle im Vergleich zu einer 20%igen auf 50% bzw. 80% Impfquote der 12- bis 17-Jährigen (% (n))		
	20 Prozent	50 Prozent	80 Prozent	50 Prozent	80 Prozent	
500.000 Dosen/Tag für Personen ≥ 18 Jahre und 200.000 Dosen/Tag für 12- bis 17-Jährige	Unter 12	940.343 [916.154, 984.136]	873.397 [850.195, 913.807]	835.522 [813.041, 872.934]	-7.12% (-66.946)	-11.15% (-104.821)
	12 bis 17	451.772 [439.247, 473.076]	285.453 [275.640, 298.195]	197.355 [189.003, 203.969]	-36.81% (-166.319)	-56.32% (-254.417)
	18 bis 59	2.878.717 [2.798.159, 2.998.667]	2.768.066 [2.689.270, 2.882.117]	2.708.654 [2.631.137, 2.817.373]	-3.84% (-110.651)	-5.91% (-170.063)
	60 und älter	211.903 [205.998, 221.628]	201.102 [195.358, 210.178]	195.114 [189.485, 203.658]	-5.1% (-10.801)	-7.92% (-16.789)
	Unter 12	11.646 [11.347, 12.181]	10.822 [10.535, 11.315]	10.360 [10.082, 10.817]	-7.08% (-824)	-11.04% (-1.286)
	12 bis 17	5.495 [5.343, 5.752]	3.503 [3.382, 3.657]	2.449 [2.346, 2.531]	-36.25% (-1.992)	-55.43% (-3.046)
Stationäre Fälle	18 bis 59	74.504 [72.433, 77.642]	71.728 [69.701, 74.714]	70.232 [68.236, 73.084]	-3.73% (-2.776)	-5.73% (-4.272)
	60 und älter	31.657 [30.797, 33.127]	30.001 [29.166, 31.369]	29.096 [28.278, 30.381]	-5.23% (-1.656)	-8.09% (-2.561)
	Unter 12	216 [210, 226]	200 [195, 210]	192 [187, 200]	-7.41% (-16)	-11.11% (-24)
	12 bis 17	102 [99, 107]	65 [63, 68]	45 [43, 47]	-36.27% (-37)	-55.88% (-57)
	18 bis 59	16.957 [16.486, 17.676]	16.335 [15.874, 17.019]	15.999 [15.546, 16.654]	-3.67% (-622)	-5.65% (-958)
	60 und älter	11.034 [10.732, 11.541]	10.467 [10.173, 10.939]	10.156 [9.868, 10.600]	-5.14% (-567)	-7.96% (-878)
Intensivmedizinische Fälle	Unter 12	882.789 [859.817, 922.123]	821.165 [799.098, 857.134]	806.890 [784.993, 842.128]	-6.98% (-61.624)	-8.6% (-75.899)
	12 bis 17	429.164 [417.168, 448.796]	274.368 [264.846, 286.113]	197.736 [189.396, 204.384]	-36.07% (-154.796)	-53.93% (-231.428)
	18 bis 59	2.571.949 [2.497.881, 2.667.147]	2.492.562 [2.419.645, 2.583.522]	2.547.949 [2.473.761, 2.644.437]	-3.09% (-79.387)	-0.93% (-24.000)
	60 und älter	185.578 [180.172, 193.401]	176.969 [171.686, 184.263]	178.025 [172.711, 185.469]	-4.64% (-8.609)	-4.07% (-7.553)
	Unter 12	10.955 [10.671, 11.437]	10.197 [9.924, 10.637]	10.019 [9.748, 10.450]	-6.92% (-758)	-8.54% (-936)
	12 bis 17	5.223 [5.077, 5.459]	3.366 [3.250, 3.509]	2.451 [2.347, 2.533]	-35.55% (-1.857)	-53.07% (-2.772)
700.000 Dosen/Tag für Personen ≥ 18 Jahre und 200.000 Dosen/Tag für 12- bis 17-Jährige	18 bis 59	66.915 [65.003, 69.439]	64.884 [63.001, 67.296]	66.236 [64.323, 68.782]	-3.04% (-2.031)	-1.01% (-679)
	60 und älter	28.032 [27.240, 29.234]	26.687 [25.914, 27.804]	26.776 [26.000, 27.910]	-4.8% (-1.345)	-4.48% (-1.256)
	Unter 12	203 [198, 212]	189 [184, 197]	186 [181, 194]	-6.9% (-14)	-8.37% (-17)
	12 bis 17	97 [94, 101]	62 [60, 65]	45 [43, 47]	-36.08% (-35)	-53.61% (-52)
	18 bis 59	15.231 [14.797, 15.810]	14.775 [14.347, 15.328]	15.086 [14.651, 15.669]	-2.99% (-456)	-0.95% (-145)
	60 und älter	9.715 [9.437, 10.126]	9.258 [8.987, 9.641]	9.296 [9.023, 9.685]	-4.7% (-457)	-4.31% (-419)

Tabelle 9 Erwartete Fallzahlen der Melde-, stationären sowie intensivmedizinischen Fälle für den Zeitraum 01. August bis 31. Dezember abhängig von der Impfquote von der 12- bis 17-Jährigen. Für die Altersgruppe 18- bis 59 Jahren wurde eine Impfquote von 85% und für Personen ≥ 60 Jahre sowie Kinder und Jugendliche (12 bis 17 Jahre, mit Vorerkrankung) wurde eine Impfquote von 90% angenommen. In der Modellierung werden täglich max. 200.000 Dosen für gesunde 12- bis 17-Jährige bereitgestellt sowie max. 500.000 bzw. 700.000 Dosen/Tag für die restliche Bevölkerung.

4. Literatur

1. Statistisches Bundesamt. Statistik 12621-0002 Durchschnittliche Lebenserwartung (Periodensterbetafel): Deutschland, Jahre, Geschlecht, Vollendetes Alter. Verfügbar unter <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=12621-0002>; zuletzt besucht am 06.01.2021 2020 [
2. Statistisches Bundesamt, Statistik 12411-0005 Bevölkerung: Deutschland S, Altersjahre. 2020 [Available from: <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=12411-0005>.
3. Robert Koch-Institut AfEuG. Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland (DEGS1). Scientific Use File 1. Version. 2015.
4. Robert Koch-Institut AfEuG. Gesundheit in Deutschland aktuell 2014/2015-EHIS (GEDA 2014/2015-EHIS). Scientific Use File 1. Version. 2018.
5. Shor E, Roelfs D, Vang ZM. The “Hispanic mortality paradox” revisited: Meta-analysis and meta-regression of life-course differentials in Latin American and Caribbean immigrants' mortality. *Soc Sci Med*. 2017;186:20-33.
6. Zhang J. What’s the Relative Risk? - A Method of Correcting the Odds Ratio in Cohort Studies of Common Outcomes. *JAMA*. 1998;280(19):1690-1.
7. 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.
8. 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.
9. Waize M, Scholz S, Wichmann O, Harder T, Treskova-Schwarzbach M, Falman A, et al. 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.
10. Betsch C, Wieler LH, Habersaat K. Monitoring behavioural insights related to COVID-19. *The Lancet*. 2020;395(10232):1255-6.
11. DIVI-Intensivregister. Zeitreihen 2021 [04.08.2021]. Available from: <https://diviexchange.blob.core.windows.net/%24web/bundesland-zeitreihe.csv>
12. Robert-Koch-Institut. Datenquelle: ICOSARI (ICD-10-Code-basiertes Krankenhaussentinel für schwere akute respiratorische Erkrankungen). https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Wochenbericht/Wochenberichte_Tab.html [18.08.2021].
13. Robert-Koch-Institut. ControlCOVID - Optionen zur stufenweisen Rücknahme der COVID-19-bedingten Maßnahmen bis Ende des Sommers 2021 (Stand 01.06.2021) https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Downloads/Stufenplan.pdf?_blob=publicationFile [18.08.2021].
14. 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.
15. Vasileiou E, Simpson CR, Robertson C, Shi T, Kerr S, U A. Effectiveness of First Dose of COVID-19 Vaccines Against Hospital Admissions in Scotland: National Prospective Cohort Study of 5.4 Million People. 2021. . Verfügbar als Preprint vom 19 Februar 2021 Online verfügbar unter: SSRN: <https://ssrncom/abstract=3789264>; (zuletzt aufgesucht am 23.08.2021).