

Journal of Health Monitoring · 2023 8(2)
DOI 10.25646/11366
Robert Koch-Institut, Berlin

Udo Buchholz^{1*}, Ann-Sophie Lehfeld^{1*},
Kristin Tolksdorf¹, Wei Cai¹, Janine Reiche²,
Barbara Biere², Ralf Dürrwald^{2*}, Silke Buda^{1*}

* gleicher Beitrag (Erstautor),
♦ gleicher Beitrag (Senior Autor)

¹ Robert Koch-Institut, Berlin
Abteilung für Infektionsepidemiologie
² Robert Koch-Institut, Berlin
Abteilung für Infektionskrankheiten

Eingereicht: 01.02.2023
Akzeptiert: 31.03.2023
Veröffentlicht: 14.06.2023

Atemwegsinfektionen bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland während der COVID-19-Pandemie

Abstract

Hintergrund: Akute respiratorische Erkrankungen (ARE) im Kindesalter waren vor der COVID-19-Pandemie vor allem durch die drei Erreger Respiratorische Synzytialviren (RSV), Grippe-(Influenza-) und Rhinoviren geprägt. Die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie und der getroffenen Maßnahmen (vor allem bis Ende 2021) in Deutschland auf die Häufigkeit von ARE bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 0–14 Jahren sowie die sie auslösenden Erreger wurden bisher nicht umfassend analysiert.

Methode: Ausgewertet wurden Daten aus bevölkerungs-, virologischen und Krankenhaus-basierten Erhebungsinstrumenten bis Jahresende 2022.

Ergebnisse: Nach dem Beginn der COVID-19-Pandemie zu Jahresbeginn 2020 blieben die ARE-Raten bis zum Herbst 2021 fast durchgehend unterhalb des vorpandemischen Niveaus, nur Rhinoviren führten kontinuierlich weiterhin zu ARE. Erst mit der Dominanz der Omikron-Variante ab 2022 kam es auf Bevölkerungsebene zu messbaren COVID-19-Raten bei Kindern, wobei die COVID-19-Hospitalisierungsraten vergleichsweise niedrig blieben. RSV- und Influenzawellen fielen zunächst aus und traten dann zu ungewöhnlichen Jahreszeiten, dann aber heftiger als üblich auf.

Schlussfolgerungen: Während die getroffenen Maßnahmen die Zahl der Atemwegsinfekte über fast 1,5 Jahre wirksam zu hemmen vermochten, kam es mit der zunehmenden Rücknahme von Maßnahmen und im Rahmen des Auftretens der Omikron-Variante im Jahr 2022 zu moderat häufigen, jedoch eher leichten COVID-19-Erkrankungen. Bei RSV und Influenza führten die Maßnahmen zu Wellenrhythmus- und Intensitätsveränderungen.

ATEMWEGSINFEKTE · COVID-19-PANDEMIE · GRIPPEWEB · RSV · INFLUENZAVIREN · RHINOVIREN · SARS-COV-2

1. Einleitung

Akute Atemwegserkrankungen zählen im Kindesalter zu den häufigsten Infektionskrankheiten. Jedoch sind je nach Altersstufe unterschiedliche, meist virale Erreger die Ursache. Vor dem Auftreten von SARS-CoV-2 bestimmten bei Kindern vor allem die Respiratorischen Synzytialviren (RSV)

([Infobox 1](#)), Influenzaviren ([Infobox 2](#)) und Rhinoviren ([Infobox 3](#)) die Epidemiologie der Atemwegserkrankungen.

Die Aktivität akuter Atemwegserkrankungen bei Kindern hatte vor der COVID-19-Pandemie einen ausgeprägten, typischen Jahresverlauf (schwache graue Kurve in der [Abbildung 1](#)). Lediglich in den ersten drei bis vier Monaten des Jahres gab es größere Variationen in der Aktivität der akuten

Infobox 1 Respiratorische Synzytialviren (RSV)-Infektionen

RSV-Infektionen treten saisonal auf und haben üblicherweise ihren Häufigkeitshöhepunkt kurz vor oder nach dem Jahreswechsel [1]. Sie können zwar in jedem Lebensalter auftreten, sind aber klinisch auffällig als eine typische Erkrankung im Säuglings- und frühen Kleinkindalter. Bis zum zweiten Lebensjahr haben praktisch alle Kinder eine erste Infektion mit RSV erlebt, ein großer Anteil sogar zwei [2]. Die Erkrankung kann auf die oberen Atemwege beschränkt sein, kann aber auch, insbesondere bei Säuglingen in den ersten Lebensmonaten, die unteren Atemwege in Mitleidenschaft ziehen (Bronchiolitis, Pneumonie oder Tracheobronchitis) [3]. Fieberhafte Verläufe sind häufig.

Infobox 2 Influenza

Bei Influenza (Grippe) wird zwischen zwei Typen (Influenza A und Influenza B) und innerhalb der Influenza A-Viren zwischen den Subtypen A(H1N1) und A(H3N2) unterschieden. Auch die Influenzawellen traten vor der COVID-19-Pandemie saisonal auf, es sei denn, ein neuartiges Influenzavirus fand seinen Weg in die Bevölkerung und führte zu pandemischer Verbreitung, wie während der Influenzapandemie 2009 durch das Influenzavirus A(H1N1)pdm09. Sehr selten kam es auch zu Übertragungen auf den Menschen aus der Tierwelt, insbesondere durch Geflügel oder Schweine. In diesen Fällen wird dann von zoonotischen Infektionen gesprochen. Daher unterscheidet man die saisonale von der pandemischen und zoonotischen Influenza.

Fortsetzung nächste Seite

Atemwegserkrankungen. In dieser Zeit wurden üblicherweise die saisonalen Höchstwerte erreicht, welche vorrangig durch die in dieser Zeit ablaufende Influenza- und RSV-Welle beeinflusst wurden, die mehr oder weniger stark ausfielen. Dieser Hochphase folgte ein Abwärtstrend bis zum Jahrestiefpunkt etwa um Kalenderwoche (KW) 32, wenn im Sommer die Feriendichte am höchsten war. Danach kam es gewöhnlich zu einem relativ steilen Anstieg mit einem frühherbstlichen Gipfel, einem kurzen Rückgang zur Zeit der Herbstferien und einem weiteren Gipfel kurz vor Jahresende. Insgesamt war die Rate an Atemwegserkrankungen in den Monaten Oktober bis März gegenüber dem Frühling und Sommer deutlich erhöht.

Im Dezember 2019 kam es in Wuhan, China, zum gehäuftem Auftreten von Lungentzündungen (darunter auch Todesfälle) mit zunächst unbekannter Ursache. Der Erreger wurde als ein Betacoronavirus identifiziert [12]. Das Virus wurde später als SARS-CoV-2 benannt und die von ihm ausgelöste Erkrankung als COVID-19 [13]. Ab Januar 2020 wurden die ersten COVID-19-Erkrankungsfälle in Deutschland diagnostiziert [14], und am 11.03.2020 erklärte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) den Ausbruch als Pandemie [15].

Viele Länder der Welt ergriffen im Lauf der Pandemie meist mehrere, sich ergänzende so genannte nicht-pharmazeutische Maßnahmen, wie zum Beispiel die vorübergehende Absage von Veranstaltungen mit mehr als 1.000 Teilnehmenden [16]. In Deutschland wurden zeitgleich mit dem Beginn des ersten Lockdowns der COVID-19-Pandemie in KW 12/2020 und dem zweiten in KW 51/2020 auch Kitas und Schulen geschlossen bzw. eine (erweiterte) Notbetreuung eingerichtet. Nach sechs bzw. acht Wochen kam es wieder stufenweise zu Öffnungen der Einrichtungen [17],

zum Teil im eingeschränkten Kita-Betrieb bzw. im Wechselunterricht.

Bisher wurden die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Atemwegsinfektionen bei Kindern in Deutschland und die sie auslösenden Erreger nicht umfassend für die ersten drei Jahre der Pandemie, d. h. von 2020–2022, analysiert. Es ist zu untersuchen, inwieweit die für COVID-19 getroffenen Maßnahmen und Änderungen im Alltag eine geänderte Häufigkeit von Atemwegserkrankungen mit sich gebracht haben, bzw. welche Erreger trotzdem zu Atemwegserkrankungen geführt haben. Des Weiteren ist unklar, wie lange eventuell Änderungen der Erreger-Häufigkeiten anhielten, und ob es im späteren Pandemieverlauf zu „Nachholeffekten“ gekommen ist.

In dieser Arbeit wird für die Jahre 2020–2022 erörtert, wie häufig Atemwegsinfektionen bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 0–14 Jahren während der COVID-19-Pandemie vorkamen, welche Erreger bei Kindern akute (und schwere) Atemwegsinfektionen verursachten, welche Erreger zeitgleich zirkulierten und wie häufig es zu Doppelinfektionen kam. Ein Fokus wird auf Influenzaviren, RSV, Rhinoviren und zuletzt SARS-CoV-2 gelegt.

2. Methode

2.1 Datengrundlage

Die Daten zu den hier gezeigten Ergebnissen fokussieren sich auf Kinder und Jugendliche (im Folgenden „Kinder“) im Alter von 0–14 Jahren. Zur Illustration werden zum Vergleich gelegentlich auch Daten aus höheren Altersgruppen hinzugezogen. Wir verwendeten Daten aus den folgenden Erhebungsinstrumenten:

Infobox 2 (Fortsetzung) Influenza

Influenza betrifft alle Altersgruppen. Ab einem Lebensalter von acht Jahren ist bei den meisten Kindern eine durchgemachte Influenza A-Virusinfektion serologisch nachweisbar [4]. Innerhalb der Altersgruppe der Kinder haben je nach Saison entweder die 0- bis 4- oder die 5- bis 14-Jährigen die höchste Inzidenz [5]. Die Häufigkeit nimmt mit zunehmendem Alter generell ab, die Wahrscheinlichkeit schwerer bzw. krankenhauspflichtiger Erkrankungen jedoch zu [5, 6].

Infobox 3 Rhinoviren

Es sind mehr als 100 so genannte Rhinovirus-Serotypen bekannt [7]. Rhinovirus-Infektionen sind in allen Altersgruppen für den Großteil der Erkältungserkrankungen verantwortlich und haben keine ausgeprägte Saisonalität [7, 8]. In den Sommermonaten werden sie häufig als Auslöser von Atemwegserkrankungen identifiziert. Manche Autorinnen und Autoren weisen Rhinoviren eine wichtige Rolle auch bei Pneumonien im Kindesalter zu [9, 10], wobei Rhinovirus-assoziierte Pneumonien eher leichter verlaufen im Gegensatz zu z. B. RSV- oder Influenza-assoziierten Pneumonien [11]. Darüber hinaus werden Rhinoviren mit Verschlimmerungen asthmatischer Lungenerkrankungen in Verbindung gebracht [10, 11].

- (1) das bevölkerungsbasierte Erhebungsinstrument GrippeWeb,
- (2) die virologische Surveillance der Arbeitsgemeinschaft Influenza (AGI),
- (3) die ICD-10-Code-basierte Krankenhaus-Surveillance schwerer akuter respiratorischer Infektionen (ICOSARI).

Die drei Systeme wurden im Detail von Goerlitz et al. beschrieben [18]. Das **GrippeWeb** ist ein Online-Portal des Robert Koch-Instituts (RKI), bei dem sich in Deutschland lebende Personen aus der Allgemeinbevölkerung mit einem Mindestalter von 16 Jahren registrieren können. Eltern mit Kindern, die jünger als 16 Jahre alt sind, können für ihre Kinder ebenfalls Angaben zu Atemwegserkrankungen melden. Dadurch ist das gesamte Altersspektrum im System abgedeckt. Die Teilnehmenden melden wöchentlich, ob bei ihnen in der Vorwoche eine neue Atemwegserkrankung aufgetreten ist. Sollte dies der Fall sein, werden weitere Informationen u. a. zur Symptomatik erfragt.

Für die Analysen werden akute respiratorische Erkrankungen (ARE) definiert als akute Atemwegserkrankungen, bei denen mindestens eines der drei Symptome Fieber, Halsschmerzen oder Husten angegeben wird. Alle ARE mit Fieber, bei denen zusätzlich noch Halsschmerzen oder Husten angegeben werden, werden als ILI (influenza-like illness; „grippeähnliche“ Erkrankungen) definiert. Somit sind ILI eine Untergruppe der ARE. „Non-ILI“ sind ARE, die die ILI-Definition nicht erfüllen, so dass $ILI + non-ILI = ARE$. Um bevölkerungsbezogene Raten zu erhalten, werden die Daten für Bundesland, Altersgruppe und Geschlecht adjustiert. Aktuelle Ergebnisse aus dem GrippeWeb werden wöchentlich auf

der [Webseite des RKI](#) veröffentlicht. Im Analysezeitraum 01.01.2020–31.12.2022 gingen wöchentlich Meldungen von etwa 7.500–10.000 Erwachsenen und Kindern ein.

Die **virologische Surveillance** der **Arbeitsgemeinschaft Influenza** wird vom Nationalen Referenzzentrum für Influenzaviren (NRZ) am RKI durchgeführt. Dabei entnimmt eine Untergruppe an Arztpraxen aus der Arbeitsgemeinschaft Influenza von Patientinnen und Patienten mit akuter Atemwegserkrankung Proben aus dem Nasen- und/oder Rachenraum. Zudem werden von Patientinnen und Patienten Informationen zu aufgetretenen Atemwegssymptomen erhoben. Dies ermöglicht eine Unterscheidung in Patientinnen und Patienten mit ILI bzw. non-ILI. Die Proben werden zusammen mit der Symptomerhebung an das NRZ gesendet, wo sie auf virale Atemwegserreger untersucht werden. Dazu gehören u. a. SARS-CoV-2, Influenzaviren, Rhinoviren und RSV.

Bei der **Krankenhaussurveillance ICOSARI** arbeitet das RKI im Rahmen einer wissenschaftlichen Kooperation mit rund 70 über Deutschland verteilten (so genannte Sentinel-) Krankenhäusern zusammen. Hierbei werden Daten zu schweren akuten respiratorischen Infektionen (englisch: severe acute respiratory infections, SARI) erhoben, die über das Datenzentrum des Netzwerks an das RKI gesendet werden. Das System deckt etwa 5 bis 6% aller in Deutschland hospitalisierten Patientinnen und Patienten ab. Die Auswertung der Daten erfolgt über ICD-10-Codes, wobei SARI definiert werden als stationär aufgenommene Personen mit einer akuten Atemwegserkrankung, die einen ICD-10-Code von J09 bis J22 (Grippe, Pneumonie, sonstige akute Infektionen der unteren Atemwege) in ihrer DRG-Hauptdiagnose erhalten haben. Diagnosebezogene Fallgruppen (Diagnosis

Infobox 4 Erreger-spezifische ARE-Raten

Für die Berechnung der Erreger-spezifischen ARE-Raten berücksichtigten wir den Umstand, dass ILI bzw. non-ILI unterschiedliche Positivenraten ((PR) = Anteil positiver respiratorischer Proben an allen an das NRZ eingesandten respiratorischen Sentinelproben)) für bestimmte Erreger haben können und dass die ILI/non-ILI-Verteilung im Probenaufkommen nicht der ILI/non-ILI-Verteilung im Erkrankungsaufkommen entspricht.

Da jedoch die einzelnen Parameter bekannt sind, können die ARE-Raten für jeden Erreger nach ILI/non-ILI gewichtet ausgewertet werden. Wir berechneten aus den Daten der virologischen Surveillance die Erreger-spezifischen PR von Personen mit ILI und die PR von Personen mit einer non-ILI. Zudem wurden bei GrippeWeb separate ILI- und non-ILI-Raten berechnet. Im nächsten Schritt multiplizierten wir die ILI- bzw. non-ILI-Rate aus GrippeWeb mit der erreger-spezifischen PR von Personen mit ILI bzw. non-ILI pro Woche, und addierten dann beide Raten, um so den Anteil der ARE-Rate zu erhalten, der einem bestimmten Erreger zugeschrieben werden kann.

Wir verwendeten die folgende Formel:

$$\text{ILI-Rate(GW)} * \text{PR}_{\text{ILI}}(\text{Erreger X}) + \text{non-ILI-Rate(GW)} * \text{PR}_{\text{non-ILI}}(\text{Erreger X}) = \text{ARE-Rate(GW)} \text{ für Erreger X}$$

GW = Daten aus GrippeWeb,

ILI = grippeähnliche Erkrankung (influenza-like illness),

ILI-Rate(GW) = ILI-Rate berechnet aus GW-Daten,

$\text{PR}_{\text{ILI}}(\text{Erreger X})$ = Positivenrate von Personen mit ILI für den Erreger X,

$\text{PR}_{\text{non-ILI}}(\text{Erreger X})$ = Positivenrate von Personen mit non-ILI für den Erreger X

Hypothetisches Beispiel für die Berechnung von Erreger-spezifischen ARE-Raten:

Die ARE-Rate betrug in einer Kalenderwoche 6 %, unterteilbar in 1 % ILI und 5 % non-ILI. Die Influenza-PR in dieser Kalenderwoche lag bei Patientinnen und Patienten mit ILI bei 27 % und bei non-ILI bei 12 %. Somit betrug die Influenza-Rate für ARE: $1\% * 27\% (\text{ILI}) + 5\% * 12\% (\text{non-ILI}) = 0,27\% (\text{ILI}) + 0,6\% (\text{non-ILI}) = 0,87\%$ (ARE aufgrund von Influenza). Damit wären 0,87 % von 6 % = 14,5 % der ARE-Rate auf Influenza zurückzuführen.

Related Groups) bezeichnen ein Klassifikationssystem, bei dem Behandlungsfälle anhand bestimmter Kriterien (ICD-10-Codes) zu Fallgruppen zusammengefasst werden. Zusätzlich können noch spezifische Erkrankungen wie COVID-19, Influenza und RSV über entsprechende Codes in der DRG-Haupt- oder Nebendiagnose erfasst werden [19].

Wir analysierten die verschiedenen COVID-19-Wellen mit Dominanz bestimmter SARS-CoV-2-Varianten (VOC – variants of concern) in der Allgemeinbevölkerung:

- ▶ Wildtyp von KW 10–20/2020 bzw. KW 40/2020–08/2021,
- ▶ Alpha von KW 09–23/2021,
- ▶ Delta (a) von KW 31–39/2021,
- ▶ Delta (b) von KW 40–51/2021,
- ▶ Omikron BA.1 von KW 52/2021–08/2022,
- ▶ Omikron BA.2 von KW 09–21/2022 und
- ▶ Omikron BA.5 seit KW 22/2022 bis zum Ende der Studienperiode in KW 52/2022 [20, 21].

Die Influenzawelle in der Allgemeinbevölkerung dauerte im Jahr 2020 von KW 02–12 [22], im Sommer 2022 von KW 17–20 [23] und im Herbst/Winter 2022/2023 von KW 43–KW 01 [24]. Die RSV-Welle dauerte im Jahr 2021 von KW 35–50 [1] und begann in der Saison 2022/2023 in KW 41 und endete mit KW 03 [25].

2.2 Analysen und Berechnungen

Aus der über GrippeWeb erhobenen ARE-Rate in der Bevölkerung berechneten wir spezifische Raten von ARE, die jeweils einem bestimmten Erreger zuzuschreiben sind (Erreger-spezifische ARE-Raten; Infobox 4). Dies führten

wir für die Gruppe der Kinder (0 bis 14 Jahre) und z. T. auch Erwachsenen (ab 15 Jahre) durch, aber auch getrennt für die Altersgruppe der 0- bis 4-jährigen und 5- bis 14-jährigen. Dadurch konnten wir vergleichen, welche Erreger-spezifischen ARE-Raten in welcher Altersgruppe höher waren.

Wir berechneten die durchschnittliche Anzahl an ARE für aufeinander folgende sechs Monatszeiträume, beginnend mit dem Herbst-/Winterhalbjahr (KW 40/2017–KW 13/2018) bis zum Frühlings-/Sommerhalbjahr (KW 14–39/2022) in den Altersgruppen 0–4 Jahre, 5–14 Jahre sowie 15 Jahre und älter. Dafür verwendeten wir nur die Daten der GrippeWeb-Teilnehmenden, die für den jeweiligen Sechs-Monats-Zeitraum durchgehend oder fast durchgehend ihre wöchentliche Meldung abgegeben hatten. Konkret beschränkten wir diese Auswertung auf alle Teilnehmenden mit einer 90 % oder höheren wöchentlichen Teilnahme in dem betreffenden Zeitraum.

Wir berechneten zudem die Häufigkeit von Ko-Infektionen, d. h. die gleichzeitige Infektion bei derselben Person mit verschiedenen Erregern. Dafür analysierten wir jede Probe aus dem Zeitraum von 2020–2022, die im Rahmen der virologischen Surveillance am NRZ eingegangen war. Eine Ko-Infektion lag vor, wenn mehr als einer der folgenden Erreger nachgewiesen wurde: Influenza A(H3N2), Influenza A(H1N1)pdm09, Influenza B, RSV, Rhinovirus, SARS-CoV-2, humanes Coronavirus HKU1, humanes Coronavirus NL-63, humanes Coronavirus OC-43, humanes Coronavirus 229E, Parainfluenzavirus Typ 1-4 (PIV) und humanes Metapneumovirus (hMPV). Die aufgetretene Häufigkeit verglichen wir sodann mit einer erwartbaren Häufigkeit (Infobox 5).

Wir nahmen eine statistische Signifikanz an, wenn der berechnete p-Wert unter 0,05 lag oder wenn sich die (95 %-) Vertrauensbereiche nicht überlappten.

Infobox 5 Erwartete Häufigkeit einer Ko-Infektion

Wir berechneten die erwartete Häufigkeit einer Ko-Infektion durch zwei spezifische Erreger (d. h. einer gleichzeitigen Infektion durch zwei Erreger bei derselben Person) beispielhaft für ausgesuchte Jahresintervalle, in denen zwei spezifische Erreger mit hinreichend großer Häufigkeit in der Gruppe der Kinder auftraten. Um Alters-Effekte auszuschließen (wenn z. B. der eine Erreger viel häufiger bei den 0- bis 4-Jährigen auftritt als bei den 5- bis 14-Jährigen) und da Ko-Infektionen häufiger bei Kleinkindern vorkommen, beschränkten wir die Berechnung auf die Altersgruppe der 0- bis 4-Jährigen. Wir multiplizierten dabei die ARE-Positivenrate (Infobox 4) des einen Erregers mit der ARE-Positivenrate des anderen Erregers [26]. Wenn zum Beispiel in einer KW die PR eines Erregers 30% und die eines zweiten Erregers 20% betrug, betrüge die erwartete Ko-Infektionsrate 6% (= 30% * 20%). Wir gingen dabei davon aus, dass die Infektionen mit den einzelnen Erregern unabhängig voneinander und in Deutschland gleichmäßig verteilt auftreten. Diese erwartete Häufigkeit verglichen wir mit der tatsächlich beobachteten Häufigkeit des Auftretens der jeweiligen Ko-Infektion.

Abbildung 1 Rate an akuten Atemwegserkrankungen (ARE) sowie an grippeähnlichen Erkrankungen (influenza-like illness, ILI) bei Kindern im Alter von 0 bis 14 Jahren von 2020–2022*

Quelle: GrippeWeb

Wir stellten die kumulative Zahl der Erkrankungen, die während einer COVID-19-Welle bzw. einer Welle durch RSV oder Influenza hospitalisiert wurden, nach Altersgruppen (0–4, 5–14, 15–34, 35–59, 60–79 Jahre und 80 Jahre und älter) dar. Hierfür addierten wir für jede Altersgruppe innerhalb des jeweiligen Zeitraums die wöchentlich auf Deutschland hochgerechnete Zahl der SARI, bei denen der spezifische Erreger über den ICD-10-Code in der Haupt- oder Nebendiagnose kodiert wurde.

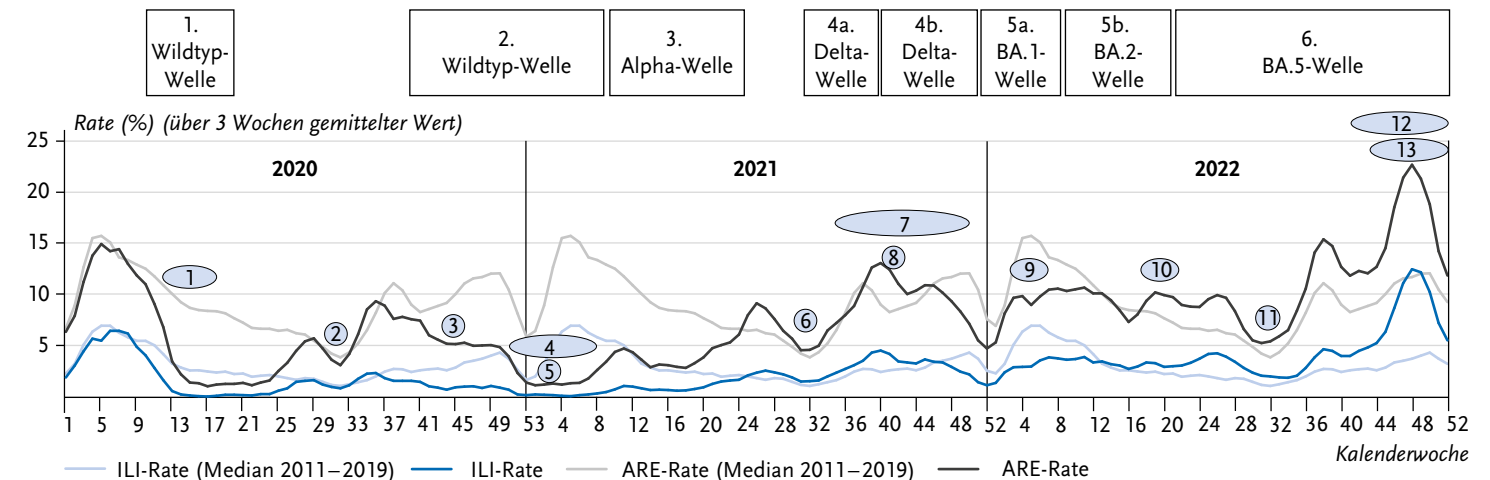
Für die Berechnung der wöchentlichen Raten, welche in Prozent der Bevölkerung angegeben werden, wurden die

Daten der Bevölkerungsstatistik des Statistischen Bundesamtes mit Datenstand 31.12.2021 verwendet. Eine Rate von z. B. 1% entspricht einer Inzidenz von 1 pro 100 Einwohnerinnen und Einwohnern (Einw.) oder von 1.000/100.000 Einw..

3. Ergebnisse

3.1 Atemwegsinfekte allgemein und Erreger-spezifische ARE-Raten

Abbildung 1 zeigt den Verlauf der ARE- bzw. ILI-Rate bei Kindern bis 14 Jahre (erfasst durch das Portal GrippeWeb)



* Als Vergleich ist der Median der ARE-Rate aus den vorpandemischen Jahren 2011–2019 („Normalkurve“) dargestellt. Eingezeichnet sind die verschiedenen COVID-19-Wellen. Nummern bezeichnen besondere, infektionsepidemiologisch relevante Ereignisse während der Pandemie und sind unter der Abbildung beschrieben. Bei allen Raten wurde ein über 3-Wochen-gemittelter Wert verwendet. Die senkrechten Striche markieren den Jahreswechsel.

- 1=1. Lockdown (KW 12–18/2020): Schulschließungen und Einführung einer Notbetreuung in Kitas. Ab Ende April sollen Abschlussklassen zurückkehren, ab 4. Mai die übrigen Klassen [17]
 2=> 70% der Bundesländer haben Sommerferien (KW 30–33/2020)
 3=2. Lockdown („light“, KW 45/2020)
 4=2. Lockdown („hard“, KW 51/2020–8/2021)
 5=Ausfall Influenza-Welle
 6=> 70% der Bundesländer haben Sommerferien (KW 30–33/2021)
 7=RSV-Welle (KW 35–50/2021)

- 8=Aufruf für COVID- und Influenza-Impfung & weiterhin AHA+L-Regelung; COVID: 108 Mio geimpft; 80% der Erwachsenen sind ≥1-mal geimpft (KW 41/2021)
 9=Schrittweise Lockerungen
 10=Influenzawelle (Sommer KW 17–20/2022)
 11=> 70% der Bundesländer haben Sommerferien (KW 30–33/2022)
 12=RSV-Welle (KW 41/2022–03/2023)
 13=Influenzawelle (KW 43/2022–01/2023)

Die im Rahmen der Pandemie getroffenen Maßnahmen und das verantwortungsvolle Verhalten der Bevölkerung führten bei Kindern zu niedrigen ARE-Raten.

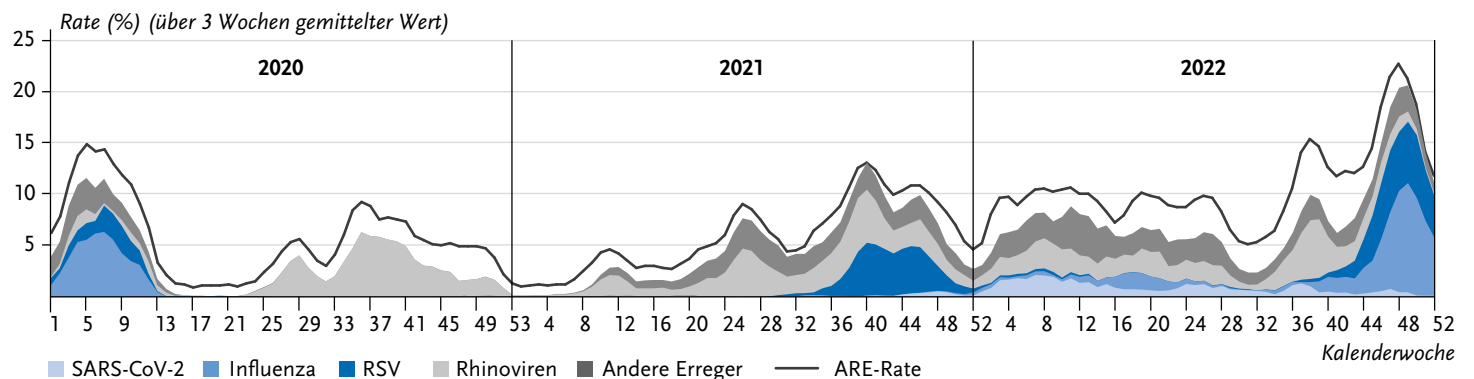
im Zeitraum von KW 01/2020 bis KW 52/2022 im Vergleich zu den vorpandemischen Jahren. **Abbildung 2** zeigt, welcher Anteil der ARE-Rate durch die jeweiligen Erreger herbeigeführt wurde.

Zu Beginn der Pandemie (etwa KW 10/2020) entsprach die ARE-Aktivität in etwa derjenigen, wie sie aus den vorpandemischen Jahren in den jeweiligen Wochen zu erwarten war. Nach dem ersten Lockdown (KW 12/2020) ging sowohl die ARE- als auch die ILI-Rate auf sehr niedrige Werte zurück. Nach dem Ende der ersten COVID-19-Welle (KW 20/2020; [27]) und der schrittweisen Lockerung vieler Eindämmungsmaßnahmen begannen im Mai/Juni 2020 Rhinoviren wieder zu zirkulieren und die ARE-Rate der Kinder stieg wieder auf vorpandemische Werte an (**Abbildung 1**). Ab etwa KW 37/2020 wich die ARE-Rate wieder vom üblichen vorpandemischen Verlauf ab und erreichte nicht den sonst zu verzeichnenden frühherbstlichen Gipfel, sondern ging stufenweise bis zum Jahresende auf sehr niedrige Werte zurück. Die sonst übliche, in den ersten drei bis vier Monaten des Jahres auftretende

Influenzawelle blieb, ebenso wie die RSV-Welle, im Winter 2020/2021 aus. Vor allem Rhinoviren führten in dieser Zeit weiterhin und bis zur Jahresmitte 2021 zu Atemwegserkrankungen (**Abbildung 2**).

Im Frühsommer 2021 sowie im (Früh-)Sommer 2022 zirkulierten bei Kindern neben Rhinoviren auch Parainfluenzaviren und im Frühjahr 2022 zudem humane Metapneumoviren; die stärkere Zirkulation einiger endemischer Coronaviren wie NL63 und OC43 im Jahr 2021 und 2022 scheint sich dagegen nicht so stark auf die ARE-Raten ausgewirkt zu haben (**Abbildung 2**, PIV, hMPV und endemische Coronaviren sind unter „andere Erreger“ zusammengefasst).

Nach dem üblichen Sommertief (KW 32/2021) stieg die ARE-Rate bei den Kindern rasch an. Damit einhergehend begann in KW 35/2021 außerhalb des sonst üblichen Zeitraums eine starke RSV-Welle, sodass der frühherbstliche Gipfel der ARE-Rate aus den vorpandemischen Jahren in KW 36/37 sogar deutlich übertroffen wurde. Einhergehend mit dem Beginn der von VOC Delta-dominierten vierten



* Unter „andere Erreger“ sind PIV, hMPV und endemische Coronaviren zusammengefasst. Bei allen Raten wurde ein über 3-Wochen-gemittelter Wert verwendet. Die senkrechten Striche markieren den Jahreswechsel.

Im Winter 2020/2021 blieb die sonst übliche, in den ersten drei bis vier Monaten des Jahres auftretende, Influenzawelle, ebenso wie die RSV-Welle, aus.

COVID-19-Welle, wurden erstmals auch bei Kindern Erkrankungen mit SARS-CoV-2-Infektionen auf Bevölkerungsebene messbar, d.h. etwa 0,5 % der Kinder erkrankten wöchentlich an COVID-19 (hellblaue Fläche in [Abbildung 2](#)).

Ab etwa KW 46/2021 begann die ARE-Rate wieder stetig zu sinken und befand sich – ähnlich wie in 2020, aber weniger deutlich – unterhalb der vorpandemischen Werte. Mit der beginnenden Omikron-Welle (mit den Subvarianten BA.1 und danach BA.2 zwischen Januar bis April 2022) betraf COVID-19 auch Kinder in deutlich wahrnehmbarem Maße. In diesen vier Monaten erkrankte wöchentlich mindestens 1 bis 2 % der Kinder an COVID-19 ([Abbildung 2](#)). Dennoch kam es auch in dieser Zeit durch Rhinoviren mindestens so häufig wie durch SARS-CoV-2 zu Atemwegserkrankungen (hellgraue Fläche, [Abbildung 2](#)). Zudem überstieg die ARE-Rate auch in dieser Zeit nicht die Werte, die in vorpandemischen RSV- bzw. Influenzawellen in den Monaten Januar bis März beobachtet werden konnten.

Im Mai (KW 17–20/2022) war eine milde und kurze Influenzawelle zu verzeichnen und ab Mai/Juni 2022 (ab etwa KW 21/2022) führte auch die BA.5-Subvariante von Omikron bei Kindern wieder wöchentlich zu Erkrankungen im Bereich von bis zu 1,3 %. Schon zum Zeitpunkt des Jahrestiefpunkts (während der höchsten Sommerferiendichte) war die ARE-Aktivität etwas höher als üblicherweise ([Abbildung 1](#)). Im Spätsommer führten zunächst Rhinoviren zu einem steilen Anstieg der ARE-Rate mit einem unüblich hohen frühherbstlichen Gipfel. Wenige Wochen später führten früh einsetzende und fast parallel auftretende RSV- und Influenzawellen zu ARE-Raten über 20 % bei Kindern (0–14 Jahre), die nicht nur für diese Jahreszeit, sondern auch

absolut gesehen außergewöhnlich hoch waren. Saisonale Spitzenwerte erreichen bei Kindern nur 18–19 %. Erst in den letzten Jahreswochen ging die ARE-Aktivität wieder zurück.

Insgesamt entsprach der Verlauf der ILI-Rate (schwach blau in [Abbildung 1](#)) sowohl in den Pandemie Jahren als auch in den vorpandemischen Jahren (2011–2019) etwa dem der ARE-Rate, jedoch auf niedrigerem Niveau.

Über den gesamten Zeitraum (2020–2022) ging etwa ein Viertel (25,3 %) der ARE bei Kindern auf Rhinoviren zurück, gefolgt von Influenza und RSV ([Tabelle 1](#)). Im Vergleich der beiden Altersgruppen hatten 0- bis 4-Jährige häufiger RSV, Coronaviren HKU1, hMPV und PIV, während die 5- bis 14-Jährigen häufiger Influenza A(H3N2) und Influenza B, Coronavirus 229E und SARS-CoV-2 hatten ([Abbildung 3](#)).

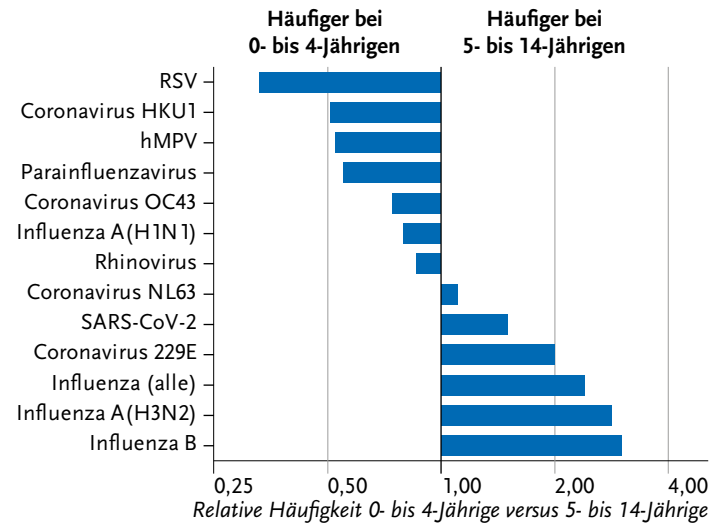
Tabelle 1
Anteil aller ARE aufgrund verschiedener Atemwegserreger bei 0- bis 14-Jährigen; absteigend sortiert (Zeitraum 2020–2022; für ILI und non-ILI adjustierter Anteil)

Quelle: GrippeWeb und virologische Surveillance der Arbeitsgemeinschaft Influenza

Erreger	0–14 Jahre
Rhinovirus	25,3 %
Influenza (alle)	11,5 %
RSV	10,5 %
Influenza A(H3N2)	8,9 %
Parainfluenzavirus	8,1 %
hMPV	4,4 %
SARS-CoV-2	4,4 %
Coronavirus OC43	2,7 %
Coronavirus NL63	2,2 %
Influenza A(H1N1)	1,5 %
Influenza B	1,1 %
Coronavirus HKU1	0,9 %
Coronavirus 229E	0,4 %

Abbildung 3
Relative Häufigkeit aller ARE aufgrund verschiedener Atemwegserreger bei 0- bis 4-Jährigen im Vergleich zu 5- bis 14-Jährigen (Zeitraum 2020–2022; für ILI und non-ILI adjustierter Anteil); die x-Achse ist logarithmisch aufgetragen

Quelle: GrippeWeb und virologische Surveillance der Arbeitsgemeinschaft Influenza



Im Herbst 2022 führte die RSV- und Influenzawelle zu außergewöhnlich hohen ARE-Raten bei Kindern.

3.2 Saisonale individuelle ARE-Häufigkeit und Mehrfachinfektionen bei ARE

Die mittlere Anzahl ARE nahm in allen betrachteten Halbjahren von 2017–2022 mit zunehmendem Alter ab und war vor der Pandemie im Herbst-/Winterhalbjahr (KW 40–KW 13) in allen Altersgruppen um etwa das 1,5- bis 2-fache höher

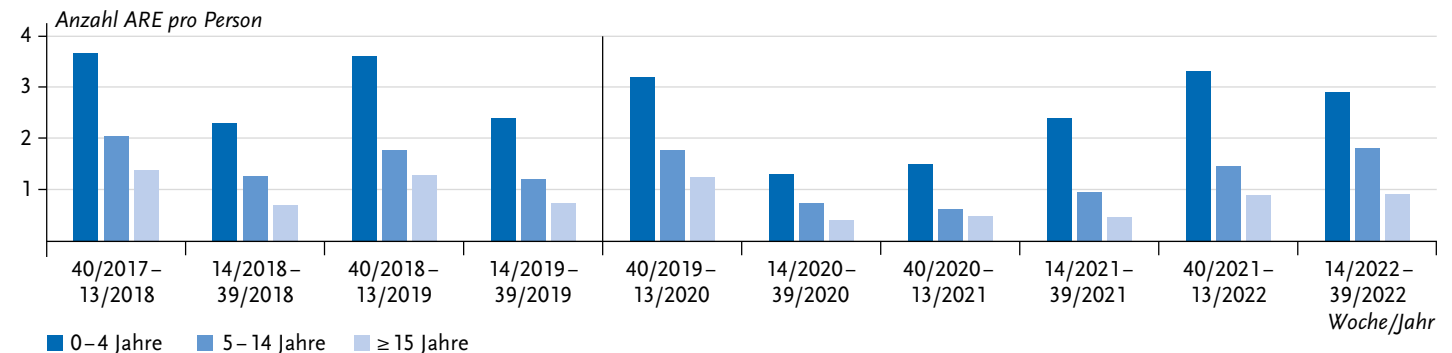
als im Frühlings-/Sommerhalbjahr (KW 14–KW 39; [Abbildung 4](#)). Kinder im Alter von 0–4 Jahren hatten im Herbst-/Winterhalbjahr durchschnittlich etwa 3–4 ARE, 5- bis 14-Jährige nur knapp 2 ARE und Erwachsene etwa 1,3 ARE. Mit Beginn der Pandemie nahm die durchschnittliche Anzahl an Atemwegsinfekten in allen Altersgruppen stark ab, nahm danach aber wieder zu und erreichte im Herbst-/Winterhalbjahr 2021/2022 (KW 40/2021–KW 13/2022) wieder nahezu das vorpandemische Niveau.

Doppelinfektionen mit den im NRZ für Influenzaviren untersuchten Viren kamen zwischen 2020 und 2022 vor allem bei 0- bis 4-jährigen Kindern, zu etwa 12 %, vor ([Abbildung 5](#)). Infektionen mit mehr als zwei Erregern des im NRZ untersuchten Panels sind aber auch in dieser Altersgruppe selten. Bei Kindern ab fünf Jahren lag der Anteil an Ko-Infektionen bei etwa 5 %.

RSV zirkulierte Ende des Jahres 2021 gleichzeitig mit Rhinoviren; die Häufigkeit von Rhinovirus-RSV-Ko-Infektionen bei 0- bis 4-jährigen entsprach in diesem Zeitraum in etwa der erwarteten Häufigkeit ([Abbildung 6](#)), während die beobachtete Häufigkeit von Influenza-RSV-Ko-Infektionen

Abbildung 4
Durchschnittliche Anzahl akuter Atemwegserkrankungen (ARE) pro an GrippeWeb teilnehmender Person in den Herbst-/Winterhalbjahren (KW 14 bis KW 39) von 2017–2022, in den Altersgruppen 0 bis 4 Jahre, 5 bis 14 Jahre und 15 Jahre und älter*

Quelle: GrippeWeb



* Der schwarze Strich markiert den Beginn der COVID-19-Pandemie.

Abbildung 5

Anteil an Infektionen, bei denen zwei oder mehr als zwei Erreger nachgewiesen wurden, an allen Infektionen; gepoolt für 2020–2022, stratifiziert nach Altersgruppen

Quelle: Virologische Surveillance der Arbeitsgemeinschaft Influenza

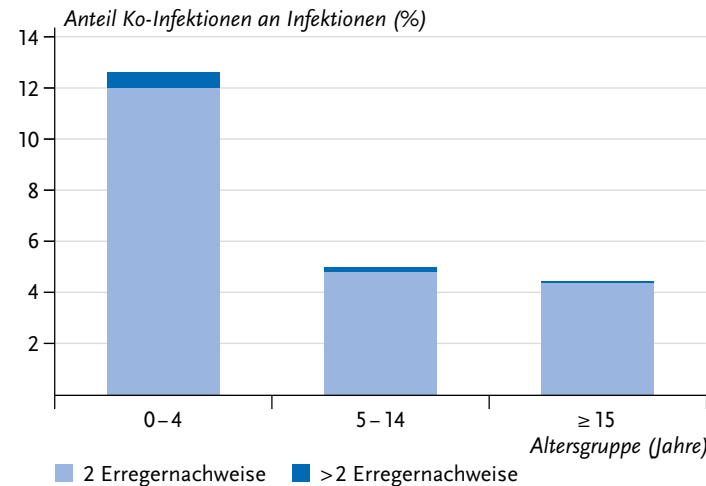


Abbildung 6

Erwarteter und beobachteter Anteil an Ko-Infektionen durch Rhino- und RS-Viren unter 0- bis 4-Jährigen von KW 36 bis 52/2021

Quelle: Virologische Surveillance der Arbeitsgemeinschaft Influenza und GrippeWeb

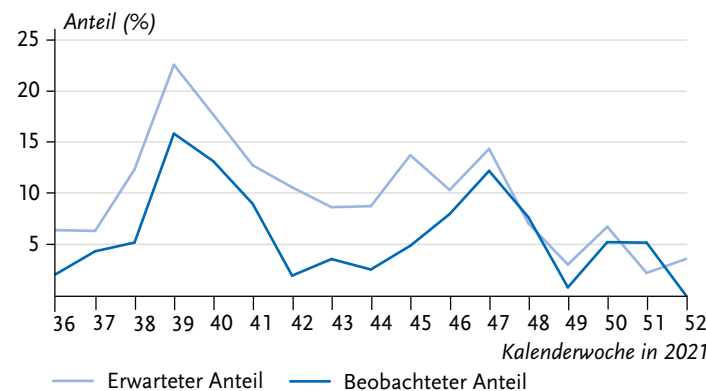
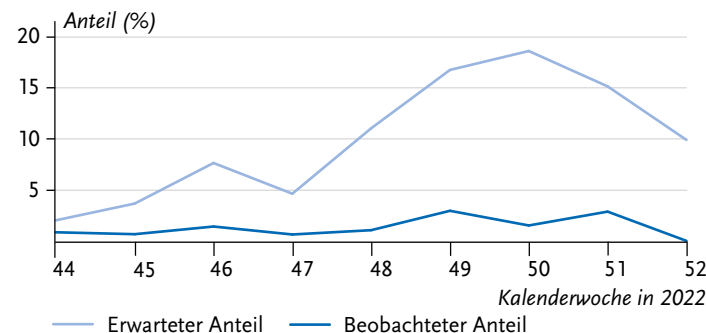


Abbildung 7

Erwarteter und beobachteter Anteil an Ko-Infektionen durch Influenza und RS-Viren unter 0- bis 4-Jährigen von KW 44 bis 52/2022

Quelle: Virologische Surveillance der Arbeitsgemeinschaft Influenza und GrippeWeb



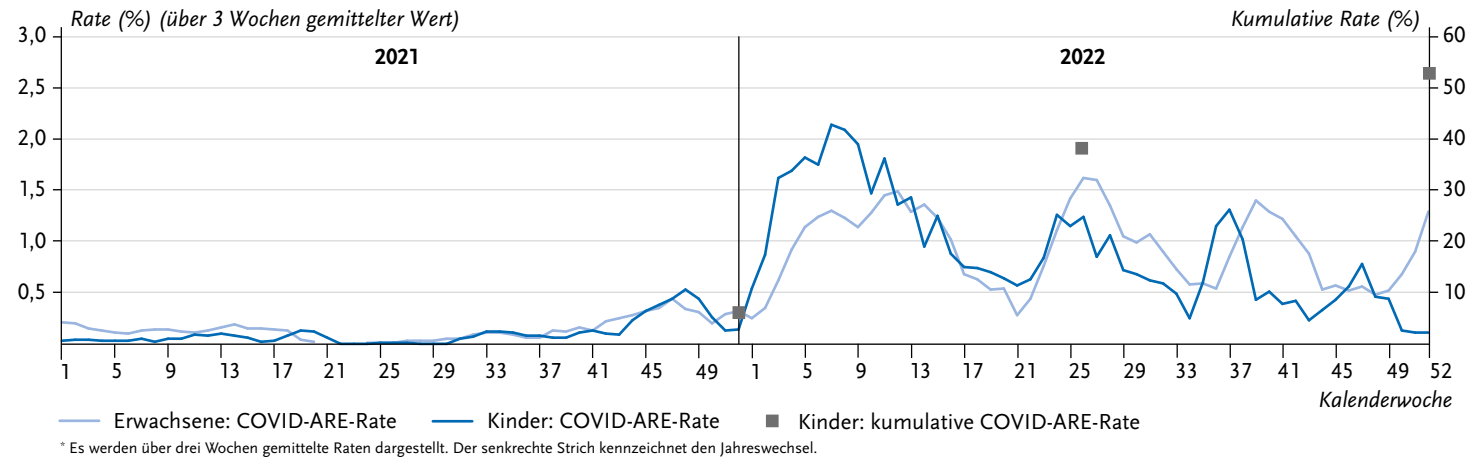
Ende des Jahres 2022 bei 0- bis 4-Jährigen um einen Faktor von 5 unterhalb der erwarteten Häufigkeit lag (Abbildung 7). Auch Rhinovirus-SARS-CoV-2-Ko-Infektionen traten zwischen KW 01 und KW 16/2022 unter 0- bis 4-Jährigen nicht so häufig auf, wie dies theoretisch erwartet worden wäre (nicht abgebildet).

3.3 COVID-19

COVID-19-Rate unter Kindern mit Symptomen einer akuten Atemwegsinfektion

Die über GrippeWeb und aus den Daten der virologischen Surveillance berechnete Rate von COVID-19 mit ARE (COVID-ARE-Rate) unter 0–14 Jahre alten Kindern bewegte sich bis zur vierten, durch die Delta-Variante dominierten Welle, auf niedrigem Niveau, d. h. deutlich unter 0,5%. Während der Delta-(b)-Welle – gegen Ende des Jahres 2021 – stieg die COVID-ARE-Rate erstmalig auf ca. 0,5% an (Abbildung 8). In den ersten vier Monaten im Jahr 2022 dominierten die Omikron-Subvarianten BA.1 und BA.2. In dieser Zeit stieg die COVID-ARE-Rate bei Kindern auf über 2,0% an und war deutlich höher als die COVID-ARE-Rate der Erwachsenen. Dieses Bild kehrte sich um, als sich die Omikron-Subvariante BA.5 mit zwei Wellen mit einem Gipfel in KW 26/2022 und einem in KW 37 (Kinder) bzw. KW 39 (Erwachsene) durchsetzte. Gemäß dieser Schätzung erkrankten mit COVID-ARE kumulativ etwa 6% der 0- bis 14-jährigen Kinder von Beginn der Pandemie bis zum Jahresende 2021, etwa 38% bis Ende Juni 2022 und 53% bis zum Jahresende 2022 (Quadrate in Abbildung 8).

Abbildung 8
 COVID-19-Rate in der Bevölkerung berechnet aus den an GrippeWeb teilnehmenden Personen mit Symptomen einer ARE (COVID-ARE-Rate), stratifiziert nach Kindern (0 bis 14 Jahre) und Erwachsenen (ab 15 Jahre) von 2021–2022*. Die Quadrate stellen die kumulative (aufsummierte) COVID-ARE-Rate der Kinder am Jahresende 2021, in der Jahresmitte 2022 und am Jahresende 2022 dar (rechte y-Achse)
 Quelle: GrippeWeb und virologische Surveillance der Arbeitsgemeinschaft Influenza

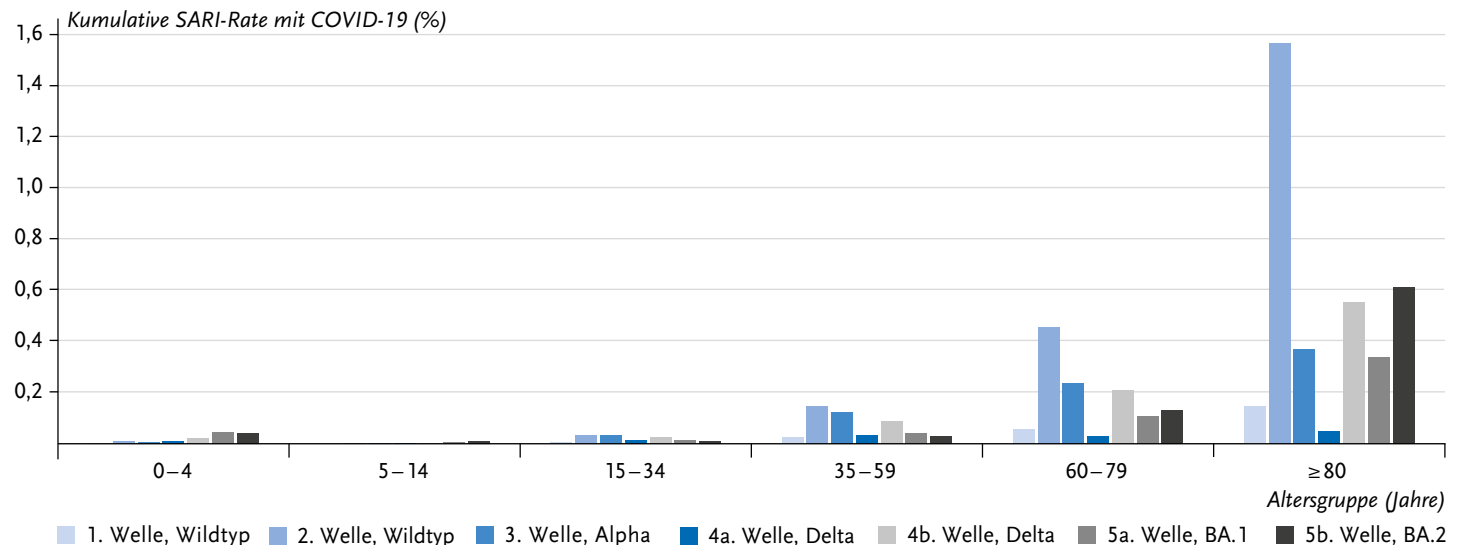


Schwere Krankheitsverläufe

Die kumulative Inzidenz von schweren akuten respiratorischen Infektionen (SARI) mit COVID-19-Diagnose war in allen Phasen der Pandemie bei den 5 – 14 Jahre alten Kindern am niedrigsten (Abbildung 9). Bei den 0- bis 4-jährigen Kindern war die kumulative COVID-SARI-Inzidenz zwar

höher als bei den 5- bis 14-jährigen Kindern, aber deutlich niedriger als bei den 60- bis 79-jährigen oder noch älteren Erwachsenen. Bei den 0- bis 4-jährigen bzw. 5- bis 14-jährigen war die kumulative Inzidenz während der Dominanz der Omikron-Subvarianten BA.1 und BA.2 zu Beginn des Jahres 2022 mit 0,4% (entsprechend 40 COVID-SARI-Fällen

Abbildung 9
 Kumulative Rate der schweren akuten respiratorischen Infektionen (SARI) mit COVID-19 in verschiedenen Phasen der Pandemie 2020–2022 und in sechs verschiedenen Altersgruppen. Da das Ende der Omikron-BA.5-Phase zum Zeitpunkt der Auswertungen noch nicht definiert war, konnten für diese Phase noch keine kumulativen Raten berechnet werden
 Quelle: ICOSARI Krankenhaus-Sentinel



Die Atemwegserkrankungen gingen bei einem Viertel der Kinder im untersuchten Zeitraum (2020–2022) auf Rhinoviren zurück, gefolgt von Inflenzaviren und RSV.

Abbildung 10

Kumulative Raten von SARI mit ICD-10-kodierter Influenzadiagnose, RSV-Diagnose bzw. COVID-19 bei 0- bis 4-Jährigen bzw. 5- bis 14-Jährigen, dargestellt für die stärksten oder einzigen Erreger-Wellen im Betrachtungszeitraum (2020–2022). Die Wellen wurden wie folgt chronologisch geordnet: Influenza Anfang 2020, RSV 2021, COVID-19 (Omikron BA.1 und BA.2) Anfang 2022, RSV Jahresende 2022 und Influenza Jahresende 2022

Quelle: ICOSARI Krankenhaus-Sentinel

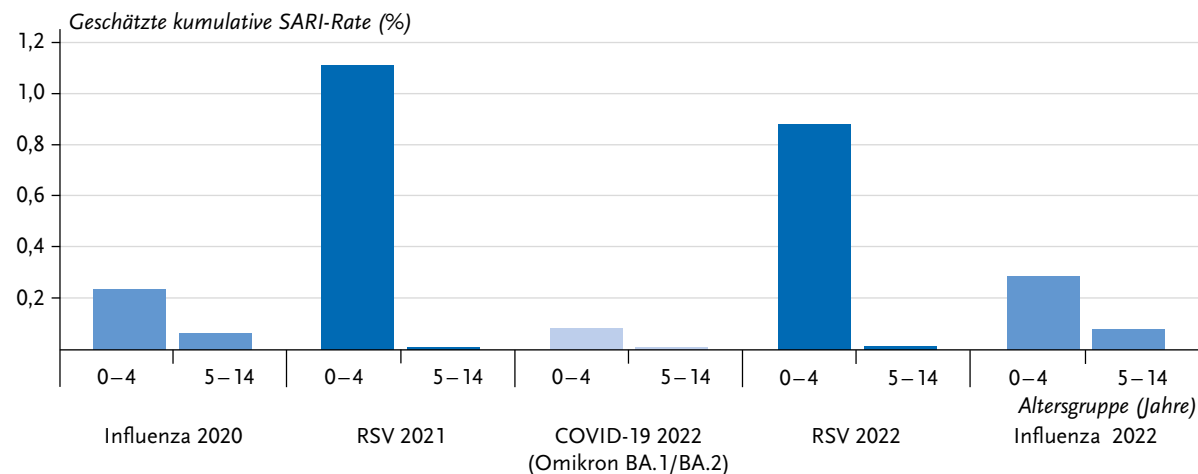
pro 100.000 Einw.) bzw. 0,1 % (entsprechend 10 COVID-SARI-Fällen pro 100.000 Einw.) am höchsten.

In **Abbildung 10** wird die Betroffenheit von Kindern durch schwere Atemwegserkrankungen (d. h. mit Krankenhausaufnahme), die mit einer COVID-19-Diagnose einhergingen, dargestellt. Diese wird verglichen mit der Krankheitslast akuter schwerer Atemwegserkrankungen verursacht durch andere Erreger, die im Zeitraum von 2020–2022 zirkulierten und häufig zu SARI führten. Dafür stellen wir die kumulative Rate (Inzidenz je 100 Einw.) während der Omikron-BA.1/BA.2-Wellen der kumulativen SARI-Rate der (abgekürzten) Influenzawelle 2020, der RSV-Wellen in 2021 und 2022 sowie der Influenzawelle 2022 gegenüber (**Abbildung 10**). Dabei zeigte sich, dass die RSV-Wellen bei den 0- bis 4-Jährigen zu den höchsten kumulativen Raten führten (dunkelblaue Balken in **Abbildung 10**), bei den 5- bis 14-Jährigen hingegen die Influenzawellen (mittelblaue Balken in **Abbildung 10**). Die kumulativen Raten bei den 5- bis 14-Jährigen liegen bei allen

Erregern und in allen Wellen niedriger als diejenigen der 0- bis 4-Jährigen. Während vor der Pandemie zwischen 2014/2015 und 2019/2020 durchschnittlich 0,5 % der 0- bis 4-jährigen Kinder im Winter wegen RSV hospitalisiert wurde, stieg dieser Anteil im Rahmen der RSV-Welle 2021 mit 1,1 % signifikant auf das 2,2-fache an. Auch im Jahr 2022 (KW 41–KW 52/2022) betrug der Anteil mit 0,9 % das 1,8-fache im Vergleich zu einer durchschnittlichen, vorpandemischen RSV-Welle (Unterschied ebenfalls signifikant; nicht dargestellt). Ebenso führte die Influenzawelle zum Jahresende 2022 sowohl bei den 0- bis 4- als auch bei den 5- bis 14-Jährigen zu höheren SARI-Raten durch Influenza als in den sechs vorpandemischen Saisons (nicht dargestellt).

4. Diskussion

Die vorliegende Analyse trägt nicht nur für SARS-CoV-2, sondern auch für die anderen wichtigen Atemwegserreger datenbasiert zusammen, inwiefern sich die Epidemiologie



Erst das Auftreten der Omikron-Variante (ab 2022) führte bei Kindern auf Bevölkerungsebene zu messbaren COVID-19-Erkrankungshäufigkeiten, die Hospitalisierungsrate blieb vergleichsweise niedrig.

von Atemwegserkrankungen bei Kindern in den drei Pandemiejahren von 2020–2022 verändert hat. Die ARE-Raten der Kinder blieben nach Beginn der Pandemie über einen Zeitraum von etwa 1,5 Jahren fast durchgängig unterhalb der ARE-Raten, die aufgrund der Vorjahre zu erwarten gewesen wären. Während Rhinoviren nach einer kurzen Pause weiterhin zu ARE führten, blieb im Winter 2020/2021 die sonst übliche, in den ersten drei bis vier Monaten des Jahres auftretende Influenzawelle ebenso wie die RSV-Welle aus. Im Herbst 2022 kam es zu einer fast zeitgleichen, verfrühten RSV- und Influenzawelle und sehr hohen ARE-Raten. COVID-19 führte bei Kindern erst mit dem Auftreten der Omikron-Variante (ab 2022) auf Bevölkerungsebene zu messbaren Erkrankungshäufigkeiten, jedoch blieb auch dann die Hospitalisierungsrate vergleichsweise niedrig.

Der Verlauf der ARE-Rate bei Kindern unterschied sich seit Beginn der Pandemie in fast allen Phasen deutlich von derjenigen in den vorpandemischen Jahren. Die größten Übereinstimmungen hinsichtlich des Trends und der Häufigkeit wurden für wenige Wochen während der üblichen Niedrig-Inzidenz-Phasen im Sommer 2020 und 2021 beobachtet. Durch die zum Teil weitgehenden Maßnahmen der Kontaktreduktion (während des ersten Lockdowns mit Schulschließungen, im zweiten Lockdown mit Schulschließungen, Wechselunterricht, der systematischen Testung in Schulen (und Kitas), dem Tragen von Masken und der räumlichen oder zeitlichen Trennung von Gruppen) und dem verantwortungsvollen Verhalten in der Bevölkerung wurden die ARE-Raten und damit die Übertragung jeglicher Atemwegserreger über einen längeren Zeitraum effektiv reduziert.

Zunächst waren (etwa ab Mai/Juni 2020) Rhinoviren die einzigen Erreger, die noch zu Atemwegserkrankungen zu

führen schienen. Dies wurde schon frühzeitig im Rahmen einer detaillierteren Betrachtung analysiert und beschrieben [8]. Als Erklärungsmöglichkeiten wurde diskutiert, dass Rhinoviren mehr als andere Viren über Schmier- und Kontaktinfektion übertragen werden oder auch, dass Masken die Übertragung von Rhinoviren über Tröpfchen bzw. Aerosol weniger effektiv verhindern als bei anderen Viren [8]. Die fast vollständige „Unterdrückung“ der Übertragung von RSV und Influenzaviren im Winter 2020/2021 führte dazu, dass sich der Anteil an empfänglichen (suszeptiblen) Kindern im Kleinkindalter ohne Erstinfektion über die Zeit erhöhte. In den beiden RSV-Wellen in 2021 und 2022 lag der Anteil der 0- bis 4-jährigen Kinder, die stationär mit einer RSV-Diagnose aufgenommen wurden (2021: 1,1%; 2022: 0,9%) etwa doppelt so hoch wie der Durchschnitt der vorpandemischen Wellen in den Jahren zwischen 2014/2015 und 2019/2020 (Durchschnitt 0,5%). Inwieweit sich die erhöhte Häufigkeit von RSV-Erkrankungen durch den „Nachholeffekt“ auf die Zahl der besonders schweren Verläufe, insbesondere Bronchiolitiden im Säuglingsalter, ausgewirkt hat, muss durch weitere Analysen erforscht werden. In Frankreich verschob sich die RSV-Welle ebenfalls, begann jedoch schon im Frühjahr 2021 und die Höhe des Krankheitsgipfels war nicht so hoch wie üblich [28, 29]. Eine erste verstärkte Influenzaviruszirkulation im Mai 2022 konnte sich nicht zu einer üblichen Erkrankungswelle aufbauen. Auch die nächste RSV-Welle ab Oktober 2022 startete in Deutschland wieder zu einem ungewöhnlich frühen Zeitpunkt. Dies stand ebenfalls im Einklang mit den Ergebnissen mehrerer europäischer Länder [30]. Erschwerend hinzu kam – ebenfalls wie in Deutschland – die parallele und auch sehr frühe Kozirkulation von (RSV und) Influenzaviren [30].

In Deutschland führte die Influenzawelle zum Jahresende 2022 in beiden Altersgruppen der Kinder zu einer höheren Influenza-bedingten SARI-Rate als in den gesamten sechs vorpandemischen Saisons. Resümierend lässt sich daraus schließen, dass insbesondere nach den ausgefallenen RSV-Wellen sowie dem Ausbleiben der Influenzawellen teilweise deutlich höhere und frühere Wellen auftraten als in vorpandemischen Jahren. Da diese dann auch noch gleichzeitig auftraten, führte dies zu kaum bewältigbaren Herausforderungen für das Gesundheitssystem [31].

Unsere Analysen verdeutlichen, dass die Häufigkeit von Atemwegserkrankungen vor allem vom Alter und der Jahreszeit abhängen. Im Durchschnitt haben Kleinkinder im Winterhalbjahr etwa 3–4 ARE, und im Sommerhalbjahr mit etwa 2,5 immer noch mehr akute Atemwegserkrankungen als Erwachsene im Winterhalbjahr [1, 3]. Auch nach dem eindrucksvollen Rückgang an ARE zu Pandemiebeginn (sechste Säulengruppe in [Abbildung 4](#)) stieg in den Folgehalbjahren die durchschnittliche Anzahl an ARE zuerst wieder bei Kleinkindern an, dann bei älteren Kindern und erst ab dem Winterhalbjahr 2021/2022 bei den Erwachsenen. Im Kontrast dazu wurden jeweils zu Beginn der COVID-19-Wellen regelmäßig die höchste Inzidenz der an das RKI übermittelten COVID-19-Fälle (Meldedaten) zuerst bei den Jugendlichen oder jüngeren Erwachsenen beobachtet und erst in den Wochen danach in den umliegenden Altersgruppen, d. h. den älteren Erwachsenen und den (jungen) Kindern [32–35]. Somit hat sich COVID-19 in den ersten drei Jahren seines Auftretens (noch) nicht zu einer Erkrankung entwickelt, die – anders als viele andere infektiöse Atemwegserkrankungen – ihre Impulse aus dem Geschehen im Kindesalter erhält.

Die Häufigkeit von Ko-Infektionen mit viralen Atemwegserregern war für den analysierten Zeitraum bei Kleinkindern besonders hoch und nahm ab dem Alter von 5 Jahren deutlich ab ([Abbildung 5](#)). Ähnliches wurde auch bereits vor der COVID-19-Pandemie beobachtet, so fanden Mandelia et al. [36] in einer Auswertung aus Daten von 2013–2018 einen noch deutlicheren Unterschied zwischen unter 18-Jährigen und Erwachsenen (Faktor 7 [36] vs. Faktor 3 (unsere Auswertung)). Dies könnte aber mit den unterschiedlichen Zeiträumen (Erregerhäufigkeiten) und Randbedingungen zusammenhängen. Interessant ist, dass in dieser Altersgruppe die tatsächliche Ko-Infektionshäufigkeit nicht immer der erwarteten entspricht, das heißt, dass bei starker Ko-Zirkulation zweier Erreger Doppelinfektionen mit diesen beiden Erregern nicht so häufig wie erwartet auftreten. Dass die Kombination Rhinovirus + RSV unter 0- bis 4-Jährigen während des letzten Quartals 2021 in etwa der erwarteten Häufigkeit entspricht ([Abbildung 6](#)), aber zum Beispiel die Kombination Influenza + RSV deutlich darunter bleibt ([Abbildung 7](#)), könnte viele Gründe haben. Möglicherweise sind Rhinovirus- bzw. RSV-Infektionen generell nicht so beeinträchtigend, dass das betroffene Kind längere Zeit aus dem sozialen Netzwerk ausgeschlossen ist und somit fast durchgehend auch dem Infektionsdruck des zweiten Erregers ausgesetzt ist. Umgekehrt ist es möglich, dass die regionale Verteilung inhomogen ist, und schließlich könnten auch auf zellulärer Ebene blockierende Mechanismen eine Rolle spielen [37, 38]. Greer [26] hatte zwar angegeben, dass RSV- und Rhinovirus-Infektionen signifikant seltener auftreten als erwartet, hatte jedoch auch gefunden, dass die negative Assoziation viel schwächer wird, wenn die Analyse auf bestimmte Altersgruppen,

z. B. Kleinkinder, beschränkt wird. Daher haben wir unsere Analysen von Beginn an auf 0- bis 4-jährige Kinder beschränkt. Eine relevante Frage ist, ob Kinder mit Ko-Infektionen auch schwerere Verläufe haben. Allerdings fand ein systematisches Review aus dem Jahr 2020 über Publikationen bis 2019 für Ko-Infektionen mit RSV keine Hinweise für schwerere Verläufe, wobei Ko-Infektionen von RSV und hMPV eine Ausnahme sein könnten [39].

Seit Beginn der COVID-19-Pandemie gab es Hinweise, dass die Krankheitsschwere von COVID-19 bei Kindern deutlich niedriger war als bei (älteren) Erwachsenen [40]. Wissenschaftliche Untersuchungen legen nahe, dass diese mit der angeborenen Immunität (innate immunity) in Zusammenhang steht, welche auf lokaler (anatomischer) Ebene, also beispielsweise durch Zellen der Nasenschleimhaut, sofort auf das Virus reagiert [41, 42]. Eine Kreuzprotektion durch Infektion mit anderen, saisonal schon lange zirkulierenden humanen Coronaviren, z. B. NL63, HKU1 oder OC-43, an denen Kinder unter fünf Jahren häufig erkranken, wurde ebenfalls diskutiert [43, 44]. Auch wenn die Anfälligkeit (Suszeptibilität) von Kindern (beispielsweise gemessen über die Erkrankungsraten im Haushalt) gegenüber einer Infektion mit SARS-CoV-2 ab der Alpha-Variante zunahm [45, 46], kam es erst während der Phasen der Delta-(b)-Welle (in der zweiten Jahreshälfte 2021) und während der Omikron BA.1- und BA.2-Welle (in den ersten vier Monaten 2022) zu einem auf Bevölkerungsebene deutlichen Anstieg von Infektionen mit SARS-CoV-2 bei Kindern mit ARE-Symptomatik, im niedrigen Prozentbereich. Gleichwohl könnte die im zweiten Halbjahr 2021 und ersten Halbjahr 2022 durchgeführte, umfassende Testung von Kindern im Kita- und Schulsetting dazu geführt haben, dass

Kinder mit COVID-19 seltener eine ärztliche Praxis aufsuchten. Dadurch könnte wiederum der Anteil an Kindern mit COVID-19 in der Stichprobe der virologischen Surveillance unterrepräsentiert und folglich auch der Anteil der Kinder mit COVID-19 in der von uns berechneten COVID-ARE-Rate unterschätzt sein. Zudem war gerade bei Kindern die Symptomatik manchmal so mild, dass die in GrippeWeb verwendete ARE-Definition (mit Husten, Halsschmerzen oder Fieber) nicht griff. Dadurch waren bei der COVID-ARE-Rate nicht nur asymptomatische Kinder, sondern auch Kinder mit sehr leichter COVID-19-Symptomatik unberücksichtigt. Asymptomatische SARS-CoV-2-Infektionen waren vor allem bei Kindern häufig: gemäß einem Übersichtsartikel war der Anteil asymptomatischer Infektionen bei Kindern im Schulalter mit 36 % am höchsten und nahm mit höherem Alter immer weiter ab [47]. In der Tat lagen die Schätzungen einer bayerischen Seroprävalenzstudie [48] bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 1 bis 17 Jahren zum Jahresende 2021 und nach der ersten Jahreshälfte 2022 mit 20 % und 74 % deutlich höher als die von uns berechnete kumulative COVID-ARE-Rate der Kinder mit 6 % und 38 % zu denselben Zeitpunkten. Bei Erwachsenen konnte dagegen bereits gegen Jahresende 2021 eine Seroprävalenz von mindestens 90 % von Anti-Spike-Antikörpern festgestellt werden [49]. Antikörper gegen das Spike-Protein werden vom Immunsystem entweder nach einer Infektion oder nach einer Impfung gebildet. Interessant war, dass schon während der zwei Omikron-BA.5-Wellen, die auf die BA.1- und BA.2-Welle folgten, die COVID-ARE-Rate bei Erwachsenen wieder höher war als bei den Kindern. Dies legt nahe, dass die Immunisierung durch (u. U. mehrfache) Auseinandersetzungen des Immunsystems mit dem Virus bzw.

seinen Bestandteilen (Antigenen) bei Kindern stärker ausgebildet war bzw. länger anhielt als bei Erwachsenen.

Limitationen

Als Limitation für unsere Analysen könnte genannt werden, dass die Teilnehmenden bei GrippeWeb grundsätzlich als eher gesundheitsaffin gelten können. Dennoch hat sich gezeigt, dass vergleichbare Daten aus GrippeWeb mit denen aus der Sentinelsurveillance der primärärztlichen Versorgung (durch die Arbeitsgemeinschaft Influenza) gut übereinstimmten und daher als vertrauenswürdig gelten können [50]. Eine weitere mögliche Limitation ist die Berechnung der ARE-Raten aufgrund der nachgewiesenen Erreger in der virologischen Surveillance, wobei die Daten aus zwei Systemen (ARE-Konsultationen im ambulanten Bereich mit Probenentnahme einerseits sowie die Bevölkerung über GrippeWeb unabhängig von einem Arztbesuch andererseits) kombinierend ausgewertet werden. Wir haben die Unterschiede, die sich durch ein unterschiedliches Konsultationsverhalten von ILI und non-ILI-Erkrankten ergeben können, jedoch berücksichtigt, indem wir für die ILI- und non-ILI-Raten adjustiert haben. Dadurch waren bevölkerungsbezogene Schätzungen der ARE-Raten für die spezifischen Erreger möglich. Eine dritte Limitation ist, dass bei der Berechnung der erwarteten Häufigkeiten von Ko-Infektionen davon ausgegangen wird, dass Infektionen mit den einzelnen Erregern unabhängig voneinander und in Deutschland gleichmäßig verteilt auftreten. Als vierte Limitation könnte erwähnt werden, dass die kumulativen SARI-Raten aufgrund bestimmter Erreger nicht die Information zu Impfungen einbeziehen. Dies war jedoch auch nicht gewollt, da die angegebenen Raten genau das

widerspiegeln sollten, was in der Bevölkerung unabhängig von einer Impfung auftritt.

Fazit

Atemwegsinfektionen traten bei Kindern während der COVID-19 Pandemie infolge der kontaktreduzierenden und übertragungshemmenden Maßnahmen über etwa 1,5 Jahre insgesamt deutlich seltener auf als üblich. Während sich Rhinoviren nach kurzer Zeit wieder kontinuierlich ausbreiteten, fielen in der Herbst-Wintersaison 2020/2021 die RSV- und Influenzawelle aus. Die (fast gleichzeitige) RSV- und Influenzawelle im letzten Quartal 2022 starteten früher und waren stärker als vorpandemisch üblich. Ob sich durch diesen „Nachholeffekt“ die Häufigkeit besonders schwerer Manifestationen, insbesondere Bronchiolitiden im Säuglingsalter, verringerte, muss durch weitere, tiefergehende Analysen und ggf. unter Hinzunahme weiterer Systeme untersucht werden. SARS-CoV-2 führte erst mit dem Auftreten der Omikron-Variante und in kurzer Zeit zu einer Infektion bei etwa der Hälfte der Kinder, aber auch dann blieben – im Vergleich zu RSV- oder Influenzawellen – krankenhauspflichtige Erkrankungen selten. Zukünftige Entwicklungen werden zeigen, ob COVID-19 eine „Kinderkrankheit“ wird, oder die höchsten Inzidenzen und schwereren Erkrankungen vor allem bei Erwachsenen auftreten werden.

Korrespondenzadresse

Dr. Udo Buchholz
Robert Koch-Institut
Abteilung für Infektionsepidemiologie
Seestr. 10
13353 Berlin
E-Mail: BuchholzU@rki.de

Zitierweise

Buchholz U, Lehfeld AS, Tolksdorf K, Cai W, Reiche J et al. (2023) Atemwegsinfektionen bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland während der COVID-19-Pandemie. *J Health Monit* 8(2): 21–39. DOI 10.25646/11366

Die englische Version des Artikels ist verfügbar unter: www.rki.de/jhealthmonit-en

Datenschutz und Ethik

Die Surveillance-Instrumente wurden bezüglich Erhebung, Haltung und Handhabung mit den Datenschutzbeauftragten des Robert Koch-Instituts abgestimmt. Die datenschutzrechtlichen Bestimmungen der EU-Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und des Bundesdatenschutzgesetzes (BDSG) werden eingehalten. Für die virologische Surveillance gab das Ethikkomitee der Charité ein positives Votum, die Patientinnen und Patienten geben schriftlich ihr Einverständnis zur Probenabnahme.

Datenverfügbarkeit

Die Veröffentlichung aggregierter Daten ist in Vorbereitung.

Förderungshinweis

Die Datenerhebung und Erstellung des Manuskripts wurden aus Mitteln des Robert Koch-Instituts finanziert.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Danksagung

Wir bedanken uns bei Kerstin Prahm, Ute Preuß und Anna Loenenbach für Unterstützung bei der Auswertung der GrippeWeb-Daten, dem Personal des NRZ für Influenzaviren für die Laboranalyse der von den Sentinelpraxen eingeschickten Patientenproben, den Helios Kliniken GmbH für ihre gute Kooperation in der SARI-Surveillance und allen GrippeWeb-Teilnehmenden für ihre treue Teilnahme an GrippeWeb.

Literatur

1. Cai W, Durrwald R, Biere B et al. (2022) Determination of respiratory syncytial virus epidemic seasons by using 95% confidence interval of positivity rates, 2011–2021, Germany. *Influenza Other Respir Viruses* 16(5):854–857
2. Reiche J, Schweiger B (2009) Genetic variability of group A human respiratory syncytial virus strains circulating in Germany from 1998 to 2007. *J Clin Microbiol* 47(6):1800–1810
3. Robert Koch-Institut (2018) Respiratorische Synzytial-Virus-Infektionen (RSV), RKI-Ratgeber. https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_RSV.html (Stand: 24.01.2023)
4. Sauerbrei A, Langenhan T, Brandstadt A et al. (2014) Prevalence of antibodies against influenza A and B viruses in children in Germany, 2008 to 2010. *Euro Surveill* 19(5):pii=20687. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2014.19.5.20687> (Stand: 21.04.2023)
5. an der Heiden M, Buchholz U (2017) Estimation of influenza-attributable medically attended acute respiratory illness by influenza type/subtype and age, Germany, 2001/02–2014/15. *Influenza Other Respir Viruses* 11(2):110–121. <https://doi.org/10.1111/irv.12434> (Stand: 21.04.2023)
6. Robert Koch-Institut (2019) Bericht zur Epidemiologie der Influenza in Deutschland, Saison 2018/19. Robert Koch-Institut, Berlin. <https://edoc.rki.de/handle/176904/6253> (Stand:13.04.2023)
7. Jacobs SE, Lamson DM, St George K et al. (2013) Human rhinoviruses. *Clin Microbiol Rev* 26(1):135–162
8. Oh DY, Buda S, Biere B et al. (2021) Trends in respiratory virus circulation following COVID-19-targeted nonpharmaceutical interventions in Germany, January – September 2020: Analysis of national surveillance data. *Lancet Reg Health Eur* 6:100112

9. Ljubin-Sternak S, Mestrovic T, Luksic I et al. (2021) Seasonal Coronaviruses and Other Neglected Respiratory Viruses: A Global Perspective and a Local Snapshot. *Front Public Health* 9:691163
10. Bizot E, Bousquet A, Charpie M et al. (2021) Rhinovirus: A Narrative Review on Its Genetic Characteristics, Pediatric Clinical Presentations, and Pathogenesis. *Front Pediatr* 9:643219
11. Perret C, Le Corre N, Castro-Rodriguez JA (2021) Emergent Pneumonia in Children. *Front Pediatr* 9:676296
12. Zhu N, Zhang D, Wang W et al. (2020) A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med* 382(8):727–733
13. World Health Organization (2020) Naming the coronavirus disease (COVID-19) and the virus that causes it. [https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-\(covid-2019\)-and-the-virus-that-causes-it](https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/technical-guidance/naming-the-coronavirus-disease-(covid-2019)-and-the-virus-that-causes-it) (Stand: 11.04.2023)
14. Bohmer MM, Buchholz U, Corman VM et al. (2020) Investigation of a COVID-19 outbreak in Germany resulting from a single travel-associated primary case: a case series. *Lancet Infect Dis* 20(8):920–928
15. Cucinotta D, Vanelli M (2020) WHO Declares COVID-19 a Pandemic. *Acta Biomed* 91(1):157–160
16. Brauner JM, Mindermann S, Sharma M et al. (2021) Inferring the effectiveness of government interventions against COVID-19. *Science* 371(6531)
17. Grill M (2022) Schulschliessungen in der Pandemie – eine Chronologie. <https://www.markusgrill.eu/2022/02/10/schulschliessungen-in-der-pandemie-eine-rekonstruktion> (Stand: 24.01.2023)
18. Goerlitz L, Tolksdorf K, Buchholz U et al. (2021) Monitoring of COVID-19 by extending existing surveillance for acute respiratory infections. *Bundesgesundheitsbl* 64(4):395–402
19. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte (2023) ICD-10-GM, Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision, German Modification. https://www.bfarm.de/DE/Kodiersysteme/Klassifikationen/ICD/ICD-10-GM/_node.html (Stand: 24.01.2023)
20. Schilling J, Buda S, Tolksdorf K (2022) Zweite Aktualisierung der „Retrospektiven Phaseneinteilung der COVID-19-Pandemie in Deutschland“. *Epidemiologisches Bulletin* 10/2022:3–5. <https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/9483/EB-10-2022-Phaseneinteilung.pdf> (Stand: 13.04.2023)
21. Tolksdorf K, Loenenbach A, Buda S (2022) Dritte Aktualisierung der „Retrospektiven Phaseneinteilung der COVID-19-Pandemie in Deutschland“. *Epidemiologisches Bulletin* 38/2022:3–6. <https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/10260/EB-38-2022-Phaseneinteilung.pdf?sequence=1> (Stand: 13.04.2023)
22. Goerlitz L, Dürrwald R, an der Heiden M et al. (2020) Erste Ergebnisse zum Verlauf der Grippewelle in der Saison 2019/20: Mit 11 Wochen vergleichsweise kürzere Dauer und eine moderate Anzahl an Influenza-bedingten Arztbesuchen. *Epidemiologisches Bulletin* 2020(16):6–9. https://edoc.rki.de/bitstream/handle/176904/6627/16_2020_2.%20Artikel.pdf;sequence=1 (Stand: 13.04.2023)
23. Buda S, Dürrwald R, Biere B et al. (2022) ARE-Wochenbericht KW 24/2022. https://influenza.rki.de/Wochenberichte/2021_2022/2022-24.pdf (Stand: 24.01.2023)
24. Buda S, Dürrwald R, Biere B et al. (2023) ARE-Wochenbericht KW 03/2023. https://influenza.rki.de/Wochenberichte/2022_2023/2023-03.pdf (Stand: 24.01.2023)
25. Buda S, Dürrwald R, Biere B et al. (2023) ARE-Wochenbericht KW 05/2023. https://influenza.rki.de/Wochenberichte/2022_2023/2023-05.pdf (Stand: 24.01.2023)
26. Greer RM, McErlean P, Arden KE et al. (2009) Do rhinoviruses reduce the probability of viral co-detection during acute respiratory tract infections? *J Clin Virol* 45(1):10–15
27. Schilling J, Buda S, Fischer M et al. (2021) Retrospektive Phaseneinteilung der COVID-19-Pandemie in Deutschland bis Februar 2021. *Epidemiologisches Bulletin* (15):3–12. <https://edoc.rki.de/handle/176904/7935> (Stand: 13.04.2023)
28. Delestrain C, Danis K, Hau I et al. (2021) Impact of COVID-19 social distancing on viral infection in France: A delayed outbreak of RSV. *Pediatr Pulmonol* 56(12):3669–3673
29. Casalegno JS, Ploin D, Cantais A et al. (2021) Characteristics of the delayed respiratory syncytial virus epidemic, 2020/2021, Rhone Loire, France. *Euro Surveill* 26(29)

30. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC) (2022) Intensified circulation of respiratory syncytial virus (RSV) and associated hospital burden in the EU/EEA – 12 December 2022. <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/intensified-circulation-respiratory-syncytial-virus-rsv-and-associated-hospital> (Stand: 29.01.2023)
31. rbb24 (2022) Hohe Infektionszahlen bei drei Krankheiten bringen Kliniken an die Belastungsgrenze. <https://www.rbb24.de/panorama/thema/corona/beitraege/2022/12/belastung-krankenhaus-infektionen-rsv-grippe.html> (Stand: 12.04.2023)
32. Robert Koch-Institut (2021) Wöchentlicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) vom 22.07.2021. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Wochenbericht/Wochenbericht_2021-07-22.pdf (Stand: 11.04.2023)
33. Robert Koch-Institut (2021) Wöchentlicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) vom 11.11.2021. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Wochenbericht/Wochenbericht_2021-11-11.pdf (Stand: 11.04.2023)
34. Robert Koch-Institut (2022) Wöchentlicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) vom 21.04.2022. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Wochenbericht/Wochenbericht_2022-04-21.pdf (Stand: 11.04.2023)
35. Robert Koch-Institut (2023) Wöchentlicher Lagebericht des RKI zur Coronavirus-Krankheit-2019 (COVID-19) vom 23.03.2023. https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/N/Neuartiges_Coronavirus/Situationsberichte/Wochenbericht/Wochenbericht_2023-03-23.pdf (Stand: 11.04.2023)
36. Mandelia Y, Procop GW, Richter SS et al. (2021) Dynamics and predisposition of respiratory viral co-infections in children and adults. *Clin Microbiol Infect* 27(4):631 e631–631 e636
37. Meskill SD, Revell PA, Chandramohan L et al. (2017) Prevalence of co-infection between respiratory syncytial virus and influenza in children. *Am J Emerg Med* 35(3):495–498
38. Piret J, Boivin G (2022) Viral Interference between Respiratory Viruses. *Emerg Infect Dis* 28(2):273–281
39. Li Y, Pillai P, Miyake F et al. (2020) The role of viral co-infections in the severity of acute respiratory infections among children infected with respiratory syncytial virus (RSV): A systematic review and meta-analysis. *J Glob Health* 10(1):010426
40. World Health Organization (2020) Report of the WHO-China Joint Mission on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). 24.02.2020. <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/who-china-joint-mission-on-covid-19-final-report.pdf> (Stand: 24.01.2023)
41. Pierce CA, Sy S, Galen B et al. (2021) Natural mucosal barriers and COVID-19 in children. *JCI Insight* 10;6(9):e148694
42. Yoshida M, Worlock KB, Huang N et al. (2022) Local and systemic responses to SARS-CoV-2 infection in children and adults. *Nature* 602(7896):321–327
43. Ma Z, Li P, Ji Y et al. (2020) Cross-reactivity towards SARS-CoV-2: the potential role of low-pathogenic human coronaviruses. *Lancet Microbe* 1(4):e151
44. Ng KW, Faulkner N, Cornish GH et al. (2020) Preexisting and de novo humoral immunity to SARS-CoV-2 in humans. *Science* 370(6522):1339–1343
45. Loenenbach A, Markus I, Lehfeld AS et al. (2021) SARS-CoV-2 variant B.1.1.7 susceptibility and infectiousness of children and adults deduced from investigations of childcare centre outbreaks, Germany, 2021. *Euro Surveill* 26(21)
46. Chen F, Tian Y, Zhang L et al. (2022) The role of children in household transmission of COVID-19: a systematic review and meta-analysis. *Int J Infect Dis* 122:266–275
47. Wang B, Andraweera P, Elliott S et al. (2023) Asymptomatic SARS-CoV-2 Infection by Age: A Global Systematic Review and Meta-analysis. *Pediatr Infect Dis J* 42(3):232–239
48. Ott R, Achenbach P, Ewald DA et al. (2022) SARS-CoV-2-Seroprevalenzen bei Vorschul- und Schulkindern – Ergebnisse aus einem Bevölkerungsscreening von Januar 2020 bis Juni 2022 (SARS-CoV-2 seroprevalence in preschool and school-age children – population screening findings from January 2020 to June 2022). *Dtsch Arztebl Int* 119:765–770
49. DIW Berlin, Robert Koch-Institut (2022) Corona-Monitoring bundesweit – Welle 2. https://www.rki.de/DE/Content/Gesundheitsmonitoring/Studien/lid/lid_node.html;jsessionid=FD9AE5F6CED803Do240C2F6737364F7E.internet062#doc14779718bodyText1 (Stand: 25.01.2023)
50. Bayer C, Remschmidt C, an der Heiden M et al. (2014) Internet-based syndromic monitoring of acute respiratory illness in the general population of Germany, weeks 35/2011 to 34/2012. *Euro Surveill* 19(4):20684

Impressum

Journal of Health Monitoring

www.rki.de/jhealthmonit

Herausgeber

Robert Koch-Institut
Nordufer 20
13353 Berlin

Redaktion

Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring
Fachgebiet Gesundheitsberichterstattung
General-Pape-Str. 62–66
12101 Berlin
Tel.: 030-18 754-3400
E-Mail: healthmonitoring@rki.de

Verantwortlicher Redakteur

Dr. Thomas Ziese
Stellvertretung: Dr. Anke-Christine Saß

Redakteurinnen und Redakteure

Johanna Gutsche, Dr. Birte Hintzpeter,
Dr. Livia Ryl, Simone Stimm

Satz

Katharina Behrendt, Alexander Krönke, Kerstin Möllerke

ISSN 2511-2708

Hinweis

Inhalte externer Beiträge spiegeln nicht notwendigerweise die
Meinung des Robert Koch-Instituts wider.



Dieses Werk ist lizenziert unter einer
Creative Commons Namensnennung 4.0
International Lizenz.



**Das Robert Koch-Institut ist ein Bundesinstitut im
Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Gesundheit**