

MODUS-COVID Bericht vom 24.10.2022

Empfehlungen für mögliche Krisensituationen im Falle schwerwiegender negativer
Virusveränderungen

Sebastian Alexander Müller¹, William Charlton¹, Sydney Paltra¹, Christian Rakow¹,
Jakob Rehmann¹, Tim Conrad², Christof Schütte², Kai Nagel¹

¹Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik (“VSP”), TU Berlin

nagel@vsp.tu-berlin.de

²Zuse-Inst. Berlin (“ZIB”)

Available via TU Berlin repository: <https://doi.org/10.14279/depositonce-16377>

Date of this version: 24-october-2022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Website: <https://covid-sim.info>

1 Zusammenfassung

In diesem Bericht beschäftigen wir uns mit einem Szenario, welches zwar nicht unmittelbar zu erwarten ist, welches aber auch nicht ausgeschlossen werden kann: Eine Virusmutation, die die regelmäßig auftretenden Immunfluchtsprünge der Omikron-Varianten mit einer erhöhten, aber bereits vorgekommenen Krankheitsschwere kombiniert. Dies entspricht in etwa dem “eher ungünstigen” Szenario 3 aus unseren vorherigen Berichten sowie (Berndt *et al.*, 2022).

Über die vorherigen Berichte sowie (Berndt *et al.*, 2022) hinausgehend, beschreiben wir, wie (a) ein solches Szenario frühzeitig detektiert werden kann und (b) welche Gegenmaßnahmen zu welchem Zeitpunkt eingeführt werden müssten. Konkret gehen wir davon aus, dass bei der ersten Feststellung einer solchen Situation zunächst die Maßnahmen nach Paragraph 28b des Infektionsschutzgesetzes ausgeschöpft werden (Stufe 1). Bei einer Hospitalisierungsinzidenz von 15 verbunden mit weiterhin hoher Dynamik folgt dann eine Stufe 2, mit der die Belastung der Krankenhäuser begrenzt werden soll.

Die Kombination folgender Maßnahmen führt in dieser Stufe 2 laut Simulation zum Erfolg:

- 1. Bereich Arbeit:** Erhöhung der Homeofficequote auf 50% sowie Einführung einer FFP2-Maskenpflicht im Bereich Arbeit in Innenräumen, sobald sich mehr als eine Person im Raum befindet.
- 2. Bereich öffentliche Freizeit:** Reduktion von Freizeitaktivitäten im öffentlichen Raum um 50%, etwa Restaurantbesuche oder Veranstaltungen.
- 3. Bereich private Freizeit:** Reduktion von Freizeitaktivitäten im privaten Raum um 50%, etwa private Besuche oder private Feiern.

Die Bildungseinrichtungen werden dabei, entsprechend dem aktuellen politischen und gesellschaftlichen Willen, über die im IfSG genannten Maßnahmen hinaus nicht einbezogen. Allerdings ist aufgrund der bisher gemachten Erfahrungen fraglich, ob die Reduktionen entsprechend Punkt 3 erreichbar sind. In diesem Fall wäre zusätzlich ein Wechsel auf FFP2-Maskenpflicht im Bildungsbereich sowie Hybrid-/Wechselunterricht nötig, um das Infektionsgeschehen unter Kontrolle zu bekommen.

2 Vorbemerkung

Zurzeit steigen zwar die Fälle von Corona-Infektionen wieder an, die aktuellen vorherrschenden Virus-Varianten verursachen aber überwiegend mildere Verläufe. Wenn sich diese Situation nicht grundlegend ändert¹, werden wir im jetzt beginnenden Herbst/Winter voraussichtlich keine Überlastung des Gesundheitssystems erleben.² Dies gilt insbesondere, wenn die Möglichkeiten aus Paragraph 28b Infektionsschutzgesetz entsprechend eingesetzt werden. Allerdings werden bedingt durch viele Krankschreibungen Auswirkungen in vielen Teilen des öffentlichen Lebens zu spüren sein. Dies wird auch Teile der sog. kritischen Infrastruktur betreffen, eben auch im Gesundheitssystem.

Im folgenden Text wird ein Corona-Krisen-Szenario skizziert, in dem davon ausgegangen wird, dass sich die Situation grundlegend ändert. Wenn dieses Szenario mit den darin angenommenen Eigenschaften tatsächlich eintritt *und* keine schnellen und konsequenten Gegenmaßnahmen getroffen werden, wäre es katastrophal für das Gesundheitssystem. Es muss an dieser Stelle allerdings betont werden: Ob überhaupt und wann ein solches Szenario eintreffen wird, kann nicht vorhergesagt werden.

In diesem Bericht beschreiben wir ein solches Szenario und stellen Reihenfolge und Zeitpunkte für Gegenmaßnahmen vor, die wir mittels Modellsimulationen als sinnvoll und ausreichend ermittelt haben.

3 Beschreibung des Szenarios

Im angenommenen Szenario gehen wir davon aus, dass sich eine neue Virus-Variante entwickelt und ausbreitet, die den in der Bevölkerung vorhandenen Immunschutz größtenteils umgehen kann *und gleichzeitig deutlich schwerere Krankheitsverläufe* verursacht als die derzeit vorherrschenden Varianten³. Es gibt bereits Varianten, die diese Eigenschaften einzeln aufweisen (etwa die Krankheitschwere der Delta-Variante oder die Immunflucht anderer Mutationen, siehe z.B. (Cao *et al.*, 2022; Sheward *et al.*, 2022)). Eine Virusvariante, die diese beiden schlechten Eigenschaften vereint, ist aber bisher noch nicht nachgewiesen worden.

Verglichen mit der aktuellen Situation gehen wir in diesem Szenario also davon aus, dass

- (a) ein vorhandener Immunschutz gegen diese Variante um einen Faktor 6 abgesenkt ist (entspricht einem ähnlich großen Übertragungsvorteil wie Omikron BA.5 gegenüber BA.2)⁴

und dass

- (b) eine Infektion mit dieser neuen Mutation 3x öfter zu einer stationären Krankenhausbehandlung führt (verglichen mit Omikron BA.5).

In den von uns durchgeführten Simulationen führen wir diese Variante am 01.11.2022 ein. Dies entspricht ungefähr dem "Szenario 3" aus (Berndt *et al.*, 2022).

Insgesamt ergibt sich daraus für das angenommene Szenario eine sehr hohe Infektionsdynamik. Ohne Gegenmaßnahmen und ohne Verhaltensanpassungen würde diese Infektionswelle bzgl. der Krankenhausbelastungen alles bisher Dagewesene deutlich (um mindestens das 8-fache) übertreffen.

Immerhin ist es so, dass man Infektionswellen in der Anlaufphase prinzipiell erkennen kann, wenn zeitnah Informationen über die Häufigkeit des Auftretens der verursachenden Variante vorliegen. Sobald die jeweilige Variante ca. 1% der Infektionen ausmacht, kann daraus die tatsächliche

¹ Demnach tritt eine *grundlegende* Änderung dann ein, wenn neue Immunfluchtvarianten auftreten, die *gleichzeitig* eine höhere Krankheitschwere mitbringen.

² Der Übergang von starker Belastung zu Überlastung ist fließend. Wir orientieren uns an den bisherigen Kapazitäten. Diese können inzwischen reduziert sein, z.B. durch Engpässe beim Pflegepersonal.

³ In unseren vorherigen Berichten ist dies vergleichbar mit dem "Szenario 3; eher ungünstig"

⁴ Formal: Die neue Variante hat einen um einen Faktor 6 niedrigeren Neutralisierungstitel.

Dynamik und die Krankheitsschwere abgeschätzt werden. Weiterhin ist es so, dass man zu diesem Zeitpunkt durch entsprechende Maßnahmen die Welle noch dämpfen kann.

Dieser Bericht gibt Hinweise, welche Maßnahmen in dieser Situation wie viel Wirkung haben würden. Die generelle Feststellung ist, dass laut unseren Simulationen sehr deutliche Maßnahmen nötig wären, um eine solche von einer gefährlichen Variante ausgelöste Welle ausreichend zu dämpfen.

4 Simulationsergebnisse

Dieser Bericht ist von uns als Grundlage zur Entwicklung von Strategien gegen mögliche zukünftige Varianten gemeint, welche gefährlicher sind als die aktuell vorherrschenden Varianten. Wie im vorherigen Teil angemerkt, können wir nicht quantifizieren, wie wahrscheinlich das Auftreten solcher Varianten ist – es ist jedoch im Bereich des möglichen und daher erscheint uns eine Vorbereitung darauf sinnvoll, auch wenn es hoffentlich nicht dazu kommen wird.

Die im Modell am 01.11.2022 eingeführte Variante mit den zuvor beschriebenen Eigenschaften wird laut Modell Mitte Dezember dominant (rote gestrichelte Linie in Abbildung 1) und führt zu einer Infektionswelle, welche zum Jahreswechsel ihr Inzidenz-Maximum erreicht (siehe Abbildung 1 oben). Dieses Maximum liegt um ca. einen Faktor 2,5 höher als das bisher Anfang 2022 während der Omikron-Wellen erreichte Maximum.⁵ Dies würde flächendeckend zu massivem Personalausfall und vielen gleichzeitigen Krankmeldungen führen. Die Abbildung zeigt, dass es nur ca. 2 Wochen dauert, bis sich der Anteil der neuen Variante an den Infektionen von 10% (gelbe Linie) auf 50% (rote Linie) erhöht. Ab diesem Zeitpunkt steigen die Infektionszahlen deutlich.

Bezüglich der Belastung des Gesundheitssystems bzw. der Krankenhäuser zeigen die Simulationsergebnisse, dass die Variante eine Welle von Krankenhausneuaufnahmen erzeugen würde, welche ca. 2 Wochen nach der Infektionswelle verläuft. Sie würde ihr Maximum damit ca. Mitte Januar erreichen (siehe Abbildung 1 unten). Die Belastung der Krankenhäuser durch Corona-Patient:innen würde um mindestens das 8-fache über dem bisher erreichten Maximum liegen. Es ist unwahrscheinlich, dass das Gesundheitssystem diese hohen Zahlen bewältigen könnte.⁶

⁵ Wenn uns eine neue Variante erreicht, kann sich diese natürlich in den Eigenschaften unterscheiden von der modellierten Variante. Wenn der Übertragungsvorteil geringer ist, dauert es länger, bis sie sich durchsetzt und das Maximum der Welle liegt später und niedriger.

⁶ Simulationsergebnisse: <https://covid-sim.info/cologne/2022-10-18/3-meas> .

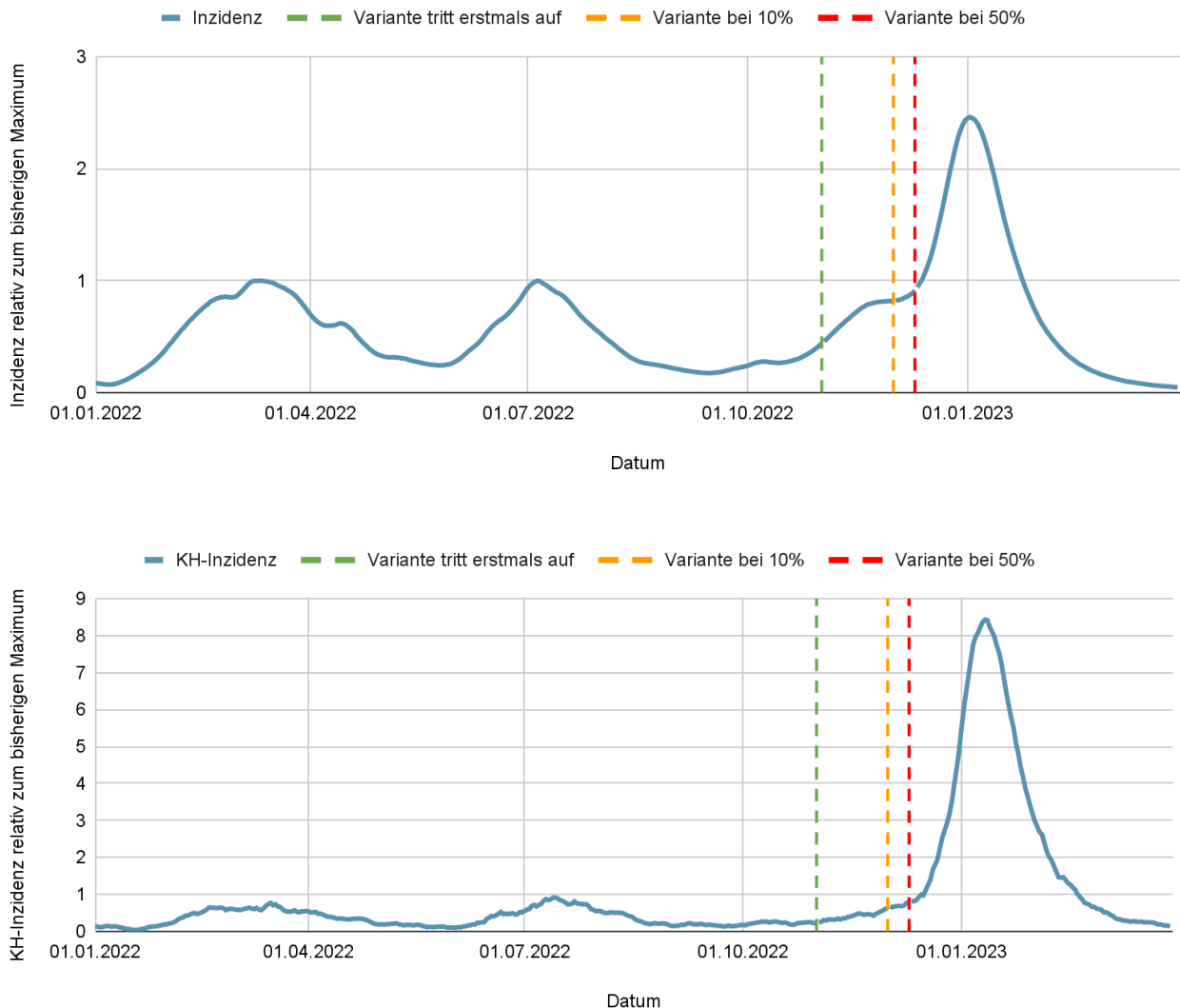


Abbildung 1: Oben: Neuinfektionen. Unten: Hospitalisierungsinzidenz. Beide Plots zeigen Inzidenzen relativ zum Maximum der Omikron-Infektionswellen Anfang 2022. Die gestrichelten Linien zeigen Zeitpunkte, an denen die neue Variante einen bestimmten Anteil an allen Infektionen hat (siehe Legende).

Mögliches Frühwarnsystem

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass bei einer solchen Variante eine starke Verhaltensänderung der Bevölkerung bzw. ein erneutes Einführen von strengeren Maßnahmen notwendig wäre, um ein Zusammenbrechen des Gesundheitssystems zu verhindern. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass sich eine solche Welle sehr schnell (innerhalb weniger Wochen) aufbauen kann. Es stellt sich die Frage, was für ein Frühwarnsystem etabliert werden könnte, um rechtzeitig zu erkennen, dass eine solche Überlastungssituation potenziell bevorsteht.

Option 1 (nicht sinnvoll): Ein möglicher Ansatz wäre, dann zu reagieren, wenn die Krankenhausneuaufnahmen beginnen zu steigen. Dies wäre in unserem simulierten Szenario ca. ab Mitte Dezember der Fall. Dies ist auch in etwa der Zeitpunkt, an dem die neue Variante dominant wird. Wenn dann sofort Maßnahmen eingeführt werden, wirken diese mit ca. 2 Wochen Verzug auf die Krankenhauszahlen, also ca. zum Jahreswechsel. Zum Jahreswechsel ist die Überlastungssituation jedoch bereits eingetreten, so dass dieses Vorgehen zu spät eingreift, und damit keine mögliche Option ist.

Option 2 (sinnvoll): Betrachtet man im Gegensatz zur ersten Option nicht nur die insgesamt wegen einer Corona-Infektion eingewiesenen Patient:innen, sondern die verschiedenen Virusvarianten getrennt voneinander (siehe Abbildung 2), so wird bereits viel früher deutlich, dass ein problematischer Anstieg der Krankenhausbelastung bevorsteht (lila Kurve, insbesondere im rechten

logarithmischen Plot wird der Sachverhalt deutlich). Aus unserer Sicht wäre eine solche Auswertung auch in Realität möglich, wenn bei allen Krankenhaus-Neuaufnahmen neben dem PCR-Test eine Sequenzierung durchgeführt wird und die Daten zügig (innerhalb weniger Tage) und krankenhausesübergreifend regional aggregiert ausgewertet würden. Dies würde bedeuten, dass beim Auftreten einer Variante mit höherer Krankheitsschwere für einen beschränkten Zeitraum bei allen Krankenhaus-Neuaufnahmen mit Corona-Verdacht Abstriche durchgeführt und sequenziert werden müssten.

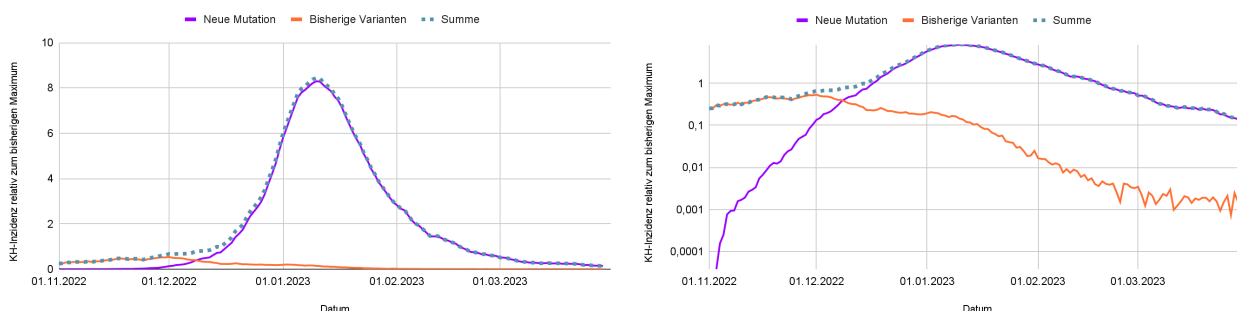


Abbildung 2: Links: Lineare Skala. Rechts: Logarithmische Skala. Beide Plots zeigen Hospitalisierungsinzidenzen aufgeteilt nach Varianten relativ zum bisherigen Maximum. Insbesondere im rechten Plot wird deutlich, dass die Krankenhausaufnahmen wegen der neuen Variante deutlich steigen, bevor sich dies in den aggregierten Zahlen (gestrichelt) bemerkbar macht.

Wirkung einer zweistufigen Maßnahmenstrategie

Im Folgenden zeigen wir die Wirkung einer möglichen zweistufigen Strategie auf das im Szenario angenommene Infektionsgeschehen und beschreiben die jeweiligen Maßnahmen und deren Reihenfolge. Wir haben die Maßnahmen in zwei Stufen implementiert, da wir davon ausgehen, dass zunächst in der ersten Stufe nur die bereits im Infektionsschutzgesetz Paragraph 28b vorgesehenen Maßnahmen eingeführt werden würden (siehe Anhang für eine genauere Beschreibung der Maßnahmen). Daher führen wir im Modell in der ersten Stufe die Maßnahmen aus dem Infektionsschutzgesetz am 01.12.2022 ein, weil die neue Variante ab diesem Datum laut Modell einen Anteil von ca. 10% der Infektionen aufweist. Wegen des ca. 2-wöchigen Meldeverzugs würde der gemeldete Anteil zu diesem Zeitpunkt bei ca. 2,5% liegen. Dies ist der Anteil, bei dem man, zusammen mit anderen Daten (vor allem aus dem Ausland), erste Vorhersagen über den Verlauf der Welle anstellen kann (vgl. Abbildung 2). Dies verbinden wir mit einer beschleunigten Impfkampagne.

Da die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Maßnahmen des IfSG zusammen mit einer beschleunigten Impfkampagne nicht ausreichen, um die Krankenhausneuaufnahmen auf ein bewältigbares Niveau zu reduzieren, haben wir weitere darüber hinausgehende Maßnahmen in einer zweiten Stufe zusammengefasst (siehe Tabelle 2 und Anhang für eine detaillierte Beschreibung der Maßnahmen). Diese weiteren Maßnahmen werden im Modell eingeführt, sobald die Hospitalisierungsinzidenz einen Schwellenwert von 15 überschreitet. Die Hospitalisierungsinzidenz 15 entspricht in etwa der bisher höchsten Krankenhausbelastung durch Corona. Da wir hier von einer Situation mit hoher Dynamik ausgehen, würde auch nach der Anwendung von Stufe 2 die Hospitalisierungsinzidenz zunächst sehr schnell weiter ansteigen. Der Schwellenwert von 15 liegt so spät, dass bei einer gleichzeitig hohen Dynamik die Notwendigkeit schnellen und entschlossenen Handelns eindeutig wäre.⁷ Gleichzeitig liegt er so früh, dass dramatische Überlastungen "gerade noch" verhindert werden können. Falls die Belastung des Gesundheitssystems auf ein niedrigeres Niveau begrenzt werden sollte, müssten die Maßnahmen der Stufe 2 bereits bei entsprechend niedrigerer Hospitalisierungsinzidenz eingeführt werden.

⁷ In der derzeitigen Situation (Ende Oktober) sind zwar auch Hospitalisierungsinzidenzen um 15 erreicht, aber die Dynamik der letzten Wochen scheint sich abzuschwächen.

Stufe 1

Die Tabelle 1 im Anhang zeigt, wie die Maßnahmen aus der ersten Stufe die Belastungen der Krankenhäuser laut Modell reduzieren. Die Maßnahmen aus dem IfSG reduzieren die maximale Krankenhausinzidenz der Welle um 25% bzw. 40% je nach Befolgungsrate (Zeilen 1 und 2 in Tabelle 1). Die angenommene Impfkampagne (Zeile 3) führt zu einer Reduktion von 10%. Die kombinierte Wirkung der angenommenen Impfkampagne und der Maßnahmen aus dem IfSG bei eher niedriger Befolgungsrate (Zeile 4) liegt bei 35%. Wir gehen davon aus, dass die niedrigere Befolgungsrate realistischer ist.⁸ Weiterhin nehmen wir aus oben beschriebenen Gründen an, dass diese Maßnahmen bereits eingeführt sind, wenn wir die Maßnahmen aus Stufe 2 einführen.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass die Maßnahmen aus dem IfSG und die Impfkampagne in Kombination einen deutlichen Beitrag (in der Höhe von 35%) leisten können, um die Belastung der Krankenhäuser zu reduzieren. Bei der angenommenen Virusvariante wird dieser Beitrag jedoch nicht reichen, um eine Überlastungssituation zu verhindern, da die maximale Krankenhausinzidenz selbst bei Einführung dieser Maßnahmen laut Modell um ca. einen Faktor 5 über dem bisher erreichten Maximum liegt.

Stufe 2

Die in Stufe 1 durchgeführten Maßnahmen reichen in dem angenommenen Szenario nicht aus, um die Infektionsdynamik und damit den Anstieg der Krankenhauseinweisungen zu stoppen. Um diesen Stopp zu erreichen, müssten also weitere Maßnahmen folgen, und zwar – laut unseren Simulationen – spätestens zu dem Zeitpunkt, an dem die Hospitalisierungsinzidenz einen Schwellenwert von 15 überschreitet. Andernfalls droht in diesem Szenario eine drastische Überlastung der vorhandenen Krankenhauskapazitäten. Konkret schlagen für die zweite Stufe die folgenden Maßnahmen vor (die Zeilenangaben beziehen sich auf die Tabelle 2 im Anhang):

- **Bereich Arbeit:** Erhöhung der Homeofficequote auf 50% sowie Einführung einer FFP2-Maskenpflicht im Bereich Arbeit in Innenräumen, sobald mehr als eine Person im Raum. Effekt: 20% Reduktion der maximalen Hospitalisierungsinzidenz (Zeile 6).
- **Bereich öffentliche Freizeit:** Reduktion von Freizeitaktivitäten im öffentlichen Raum um 50%, etwa Restaurantbesuche oder Veranstaltungen. Effekt: 15% Reduktion der maximalen Hospitalisierungsinzidenz (Zeile 7).
- **Bereich private Freizeit:** Reduktion von Freizeitaktivitäten im privaten Raum um 50%, etwa private Besuche oder private Feiern. Effekt: 15% Reduktion der maximalen Hospitalisierungsinzidenz (Zeile 8).
- **Bereich Bildung:** Keine weiteren Einschränkungen außer den in Stufe 1 bereits implementierten Maßnahmen.

Alle diese Maßnahmen zusammen würden die maximale Hospitalisierungsinzidenz um weitere 40% senken (Zeile 12 Anhang). Die resultierende maximale Hospitalisierungsinzidenz wäre immer noch ca. doppelt so hoch wie der bisherige Höchststand;⁹ ein niedrigerer Wert lässt sich bei einem so späten Zeitpunkt des Eingreifens wie hier betrachtet nicht mehr erreichen – dieser Zeitpunkt scheint aber nach den bisherigen Erfahrungen realistisch. Ein Eingreifen bei einer niedrigeren Hospitalisierungsinzidenz wäre bei so hoher Dynamik durchaus wünschenswert, falls technisch und politisch machbar.

Zusammenfassung

Alle Maßnahmen aus den beiden Stufen zusammengenommen reduzieren die Anzahl der Krankenhauseinweisungen in etwa um 75%. Dies ist ausreichend, um die Welle abzuschwächen und damit die Belastung/Überlastung des Gesundheitssystems zu begrenzen. Allerdings reicht auch

⁸ Eine "Maskenpflicht in öffentlich zugänglichen Innenräumen" bezieht in unserem Modell die besonders kritischen gastronomischen Einrichtungen ein. Allerdings ist uns unklar, wie man mit Maske essen und trinken soll, und weiterhin sind Personen mit Testnachweis sowie Geimpfte/Genesene bis 3 Monate nach der Immunisierung freigestellt.

⁹ Der Höchststand ohne Maßnahmen ist 8,5x so hoch wie das bisherige Maximum. Stufe 1 und Stufe 2 zusammen senken dies um 35% + 40% = 75%, also auf einen Faktor von ca. 2.

dieses umfangreiche Paket nicht aus, um die Dynamik vollständig zu stoppen. Daher haben wir in Tabelle 2 im Anhang zusätzlich die Wirkung von weiteren Maßnahmenkombinationen ausgewiesen.

Wir entnehmen der politischen und gesellschaftlichen Debatte, dass erneute Einschränkungen im Bildungsbereich unbedingt vermieden werden sollten. Aus diesem Grund sind in der zweiten Stufe keine weiteren Einschränkungen in diesem Bereich vorgesehen, sondern alle Maßnahmen zielen auf den Arbeitsbereich, die öffentliche Freizeit und die private Freizeit. Insbesondere im Bereich der privaten Freizeit ist fraglich, ob die angenommenen Reduktionen überhaupt erreichbar sind. Aus unseren Mobilfunkdaten während der Pandemie ergibt sich, dass nach der Schließung der öffentlichen Freizeit diese sich teilweise in den privaten Bereich verlegt hat, und dass dieser Effekt die Einschränkungen in der privaten Freizeit durch andere Bevölkerungsgruppen mehr als ausgeglichen hat. Eine mögliche Alternative wäre es, stattdessen oder auch zusätzlich Wechselunterricht und eine FFP2-Maskenpflicht ab der 5. Klasse einzuführen (auch an Hochschulen).

Erratum

Im Bericht vom 09.08.2022 (Müller *et al.*, 2022) hatten wir u.a. Wirkungen einer potentiellen Impfkampagne simuliert. Im Bericht wurde gesagt, dass wir annehmen, dass 50% der Geboosterten neu geimpft werden. In der Simulation war allerdings eingestellt, dass bis zu 100% der Geboosterten neu geimpft werden. Dies haben wir zwischenzeitlich korrigiert. Diese neue Version des Berichts ist unter DOI <https://doi.org/10.14279/depositonce-16079.2> verfügbar.

In den Simulationen für *diesen* Bericht gehen wir von einer Impfkampagne aus, bei der 75% der Geboosterten sowie 75% der nur Grundimmunisierten bereit sind, sich mit dem BA.5 Update impfen zu lassen. Die Wirkung einer solchen hypothetischen Kampagne ist dann ähnlich derjenigen, bei der 100% der Geboosterten impfbereit sind, und damit ähnlich derjenigen des letzten Berichts.

Quellen

Berndt, J.O. *et al.* (2022) *Szenarien für den Verlauf der SARS-CoV-2-Pandemie im Winter 2022/23 - Ergebnisse eines Workshops des Modellierungsnetzes für schwere Infektionskrankheiten (Modellierungsnetz)*. Available at: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7126032>.

Cao, Y. *et al.* (2022) 'Imprinted SARS-CoV-2 humoral immunity induces convergent Omicron RBD evolution', *bioRxiv*. Available at: <https://doi.org/10.1101/2022.09.15.507787>.

Müller, S.A. *et al.* (2022) 'MODUS-COVID Bericht vom 09.08.2022'. Technische Universität Berlin. Available at: <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-16079.2>.

Senozon (2020) *The Senozon Mobility Model, The Senozon Mobility Model*. Available at: <https://senozon.com/en/model/> (Accessed: 19 March 2020).

Sheward, D.J. *et al.* (2022) 'Omicron sublineage BA.2.75.2 exhibits extensive escape from neutralising antibodies', *bioRxiv*. Available at: <https://doi.org/10.1101/2022.09.16.508299>.

Anhang

Detaillierte Beschreibung der in Abschnitt 4 genannten Maßnahmenstrategie Stufe 1 (Einführung 01.12.2022, die neue Variante hat einen Anteil von 10%)

Die Maßnahmen des IfSG können wir nicht in allen Details in unser Modell übersetzen. Wir approximieren sie wie folgt:

1. **ÖPNV:** In Köln gilt weiterhin die Pflicht zum Tragen einer FFP2-Maske (Stand 19.10.2022). Zum 01.12. führen wir damit keine Tragepflicht ein, sondern erhöhen lediglich die Befolgungsrate auf 90%.
2. **Öffentliche Freizeit, Einzelhandel & Erledigungen:** Einführung einer FFP2-Maskenpflicht.
3. **Schule/Universität:** Einführung einer OP-Maskenpflicht für Schüler:innen ab Klasse 5, sowie für alle Studierenden.

Bzgl. der Punkte 2. und 3. simulieren wir Befolgungsraten von 45% (= "niedrige Befolgungsrate" und 90% (= "hohe Befolgungsrate"). Eine "Maskenpflicht in öffentlich zugänglichen Innenräumen" bezieht in unserem Modell die besonders kritischen gastronomischen Einrichtungen ein. Allerdings ist uns unklar, wie man mit Maske essen und trinken soll. Aus diesem Grunde legen wir für die darauf aufbauenden Simulationen bzgl. der Punkte 2. und 3. die niedrige Befolgungsrate zugrunde.

Impfkampagne: 75% der geimpften Bevölkerung ist bereit, sich ein weiteres Mal impfen zu lassen und lässt sich mit dem BA.5-Update-Impfstoff impfen, falls die letzte Impfung sowie die letzte Infektion mindestens 6 Monate zurückliegt.

Stufe 2 (Einführung 10.12.2022, Hospitalisierungsinzidenz überschreitet 15)

Hier gehen wir, aufgrund der für die Simulationen angenommenen Virusvariante mit hoher Krankheitsschwere, über die Maßnahmen des Paragraphen 28b des IfSG hinaus:

- **Arbeitskontext:**
 - a. 50% der Beschäftigten gehen ihrer Arbeit im Homeoffice nach.
 - b. Wie a., zusätzlich wird eine FFP2-Maskenpflicht am Arbeitsplatz eingeführt. Für die FFP2-Maskenpflicht gehen wir von einer Befolgungsrate von 90% aus.
- **Öffentliche Freizeit:**
 - Nur 50% der öffentlichen Freizeitaktivitäten finden statt.
- **Private Freizeit:**
 - Nur 50% der privaten Freizeitaktivitäten finden statt.
- **Schule/Universität:**
 - a. Einführung einer FFP2-Maskenpflicht für Schüler:innen ab Klasse 5, sowie für alle Studierenden. Wir nehmen eine Befolgungsrate von 90% an.
 - b. Wie a., zusätzlich Wechselunterricht in allen Bildungseinrichtungen.

Details zu den Wirkungen der Maßnahmen

| Zeile | Maßnahme | Reduktion der maximalen Hospitalisierungsinzidenz |
|-------|--|---|
| 1 | Infektionsschutzgesetz (niedrige Befolgungsrate) | 25% |
| 2 | Infektionsschutzgesetz (hohe Befolgungsrate) | 40% |
| 3 | Impfkampagne | 10% |
| 4 | Infektionsschutzgesetz (niedrige Befolgungsrate) + Impfkampagne | 35% |

Tabelle 1: Maßnahmen der Stufe 1. Die Maßnahmen der Stufe 2 (Tabelle 2) bauen auf Zeile 4 auf.

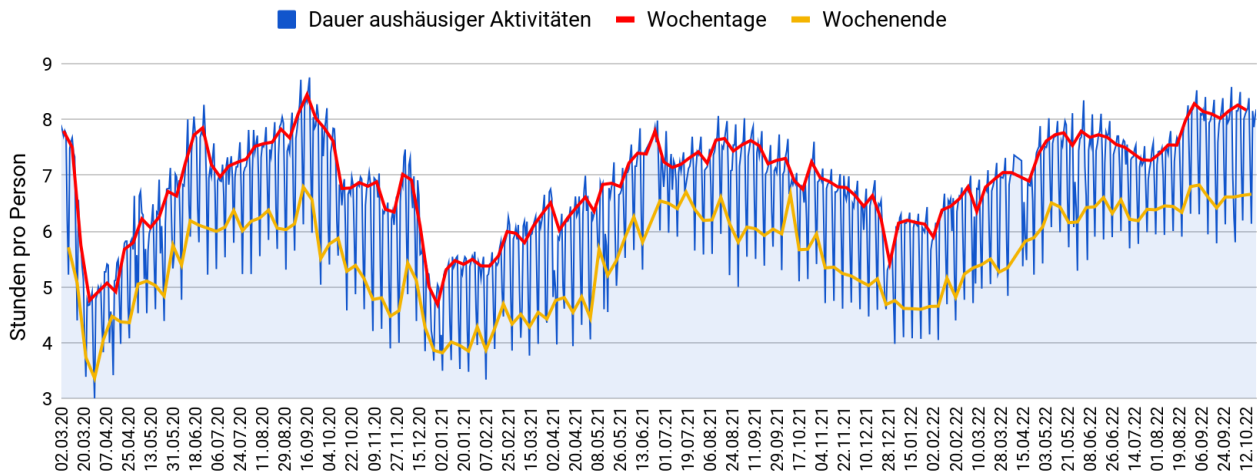
| Zeile | Maßnahme | Zusätzliche Reduktion der maximalen Hospitalisierungsinzidenz gegenüber Zeile 4 |
|-------|--|---|
| 5 | Zeile 4 + 50% Homeoffice | 15% |
| 6 | Zeile 4 + 50% Homeoffice und FFP2 Maskenpflicht am Arbeitsplatz | 20% |
| 7 | Zeile 4 + 50% der öffentlichen Freizeitaktivitäten finden nicht mehr statt | 15% |
| 8 | Zeile 4 + 50% der privaten Freizeitaktivitäten finden nicht mehr statt | 15% |
| 9 | Zeile 4 + FFP2-Maskenpflicht ab der 5. Klasse | 10% |
| 10 | Zeile 4 + FFP2-Maskenpflicht ab der 5. Klasse und 50% Wechselunterricht | 15% |
| 11 | Zeile 6 + Zeile 7 | 30% |
| 12 | Zeile 6 + Zeile 7 + Zeile 8 | 40% |
| 13 | Zeile 6 + Zeile 10 | 30% |
| 14 | Zeile 6 + Zeile 7 + Zeile 10 | 40% |
| 15 | Zeile 7 + Zeile 8 + Zeile 10 | 45% |
| 16 | Zeile 6 + Zeile 7 + Zeile 8 + Zeile 10 | 45% |

Tabelle 2: Maßnahmen in Stufe 2, nachdem Maßnahmen aus Stufe 1 bereits eingeführt wurden. Lesebeispiel: Die Maßnahmen in Zeile 5 (also Maßnahmen aus dem IfSG, Impfkampagne und 50% Homeoffice) reduzieren die max. Hospitalisierungsinzidenz um $35\% + 15\% = 50\%$. Eine zusätzliche Reduktion um mehr als 45% ist zum gewählten Zeitpunkt nicht mehr möglich, da die entsprechende Hospitalisierungsinzidenz erreicht wird, bevor die Maßnahmen greifen. Dennoch bewirkt die stärkere Maßnahmenkombination aus Zeile 16 ein schnelleres Absinken der Hospitalisierungsinzidenzen.

Mobilitätsdaten

Die aushäusigen Aktivitätendauern haben in Berlin seit Mitte August ein Plateau auf einem sehr hohen Niveau erreicht. In Köln hingegen beobachten wir seit derselben Zeit wöchentliche Abnahmen der aushäusigen Aktivitätendauern. Somit ist in Berlin das Niveau nun höher als in Köln. Auswertungen für alle Landkreise und Bundesländer sind auf unserer Webseite <https://covid-sim.info/> abrufbar.

Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Berlin



Durchschnittliche Dauer aushäusiger Aktivitäten Köln

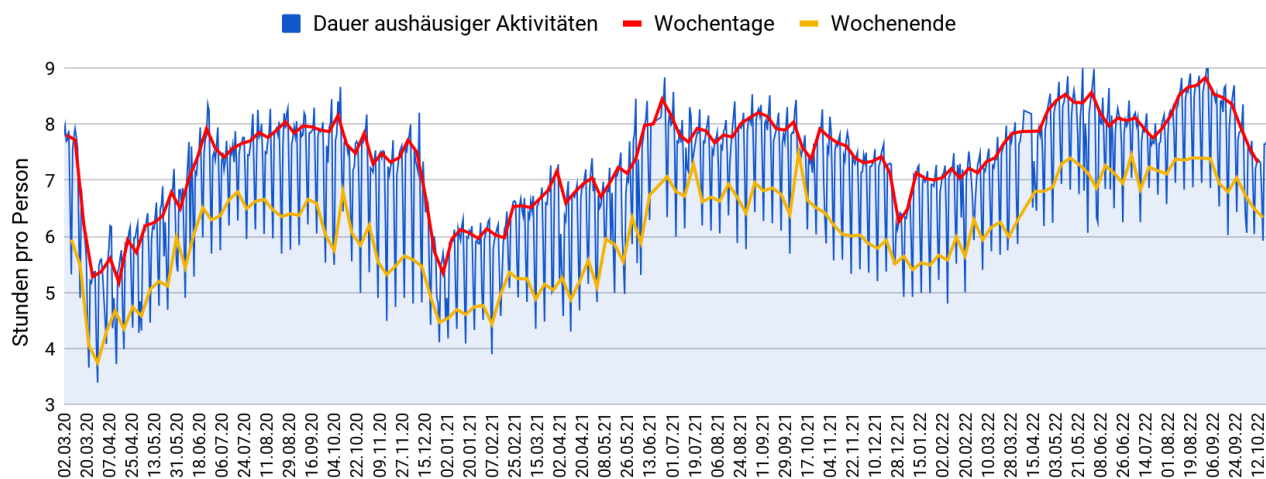


Abbildung 5: Im Mittel aushäusig verbrachte Zeit pro Person und Tag in Berlin (oben) und Köln (unten); ermittelt aus anonymisierten Mobilfunkdaten. Rot: Mittelwerte über die Wochentage der jeweiligen Woche. Gelb: Mittelwerte über die Wochenend- und Feiertage (einschl. Samstag) der jeweiligen Woche. Eigene Darstellung; Datenquelle: Senozon (2020).