



LUDWIG-
MAXIMILIANS-
UNIVERSITÄT
MÜNCHEN

PROF. DR. GÖRAN KAUEMANN
LEHRSTUHL FÜR STATISTIK UND IHRE
ANWENDUNGEN IN WIRTSCHAFTS-
UND SOZIALWISSENSCHAFTEN



Institut für Statistik · Ludwigstr. 33 · 80539 München

Prof. Dr. Göran Kauermann

Telefon +49 (0)89 2180-6253

Telefax +49 (0)89 2180-5040

goeran.kauermann@lmu.de

www.stat.uni-muenchen.de

Postanschrift:
Ludwigstr. 33/II
80539 München

Ihr Zeichen, Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen

21/ Januar 2022

Bericht Nr. 7 zur COVID-19 Pandemie im Saarland

Göran Kauermann, Michael Windmann

Blick in die Hospitalisierungen mit und wegen COVID-19.

Die Hospitalisierungsinzidenz, also die Anzahl neu im Krankenhaus aufgenommener COVID-19 positiver Patient:innen je 100.000 Einwohner und Woche, ist im Pandemieverlauf zunehmend wichtiger geworden. Die reine Anzahl an hospitalisierten COVID-19 positiven Patient:innen ist aber insbesondere bei hoher allgemeiner Inzidenz verzerrt, da nicht nur Patient:innen **wegen** einer COVID-19 Erkrankung behandelt werden (COVID-19 ist Hauptbefund) sondern auch Patient:innen, die **mit** COVID-19 hospitalisiert werden aber wegen einer anderen Erkrankung behandelt werden (COVID-19 ist Nebenfund). Letztere sind zum Beispiel unaufschiebbare Behandlungen, Unfälle oder Notfälle, die erst bei der Hospitalisierung mit COVID-19 positiv getestet werden. Die Anzahl der Hospitalisierten **mit** COVID-19 spiegelt das Infektionsgeschehen von eher schwach bzw. asymptomatischen Fällen wider. Das bedeutet, dass bei steigenden Infektionszahlen auch mehr Patient:innen einen Nebenfund COVID-19 haben werden, da gewisse Behandlungen sich nicht verschieben lassen.

Wir unterscheiden bei unseren nachfolgenden Analysen zwischen Hospitalisierungen **mit** und **wegen** COVID-19 und berücksichtigen den Impfstatus der Patient:innen. Dazu analysieren wir Daten von hospitalisierten COVID-19 Fällen in den Kalenderwochen 44 (2021) bis 1 (2022) im Saarland. Wir nutzen, soweit vorhanden, das Datum der Hospitalisierung und in Fällen mit unbekanntem Hospitalisierungsdatum das Meldedatum. Insgesamt lagen Informationen zu 503 hospitalisierten Fällen in diesem Zeitraum vor. Davon wurden 165 Fälle (33%) in den Analysen nicht berücksichtigt, da entweder der Hospitalisierungsgrund und/oder Impfstatus nicht bekannt waren.

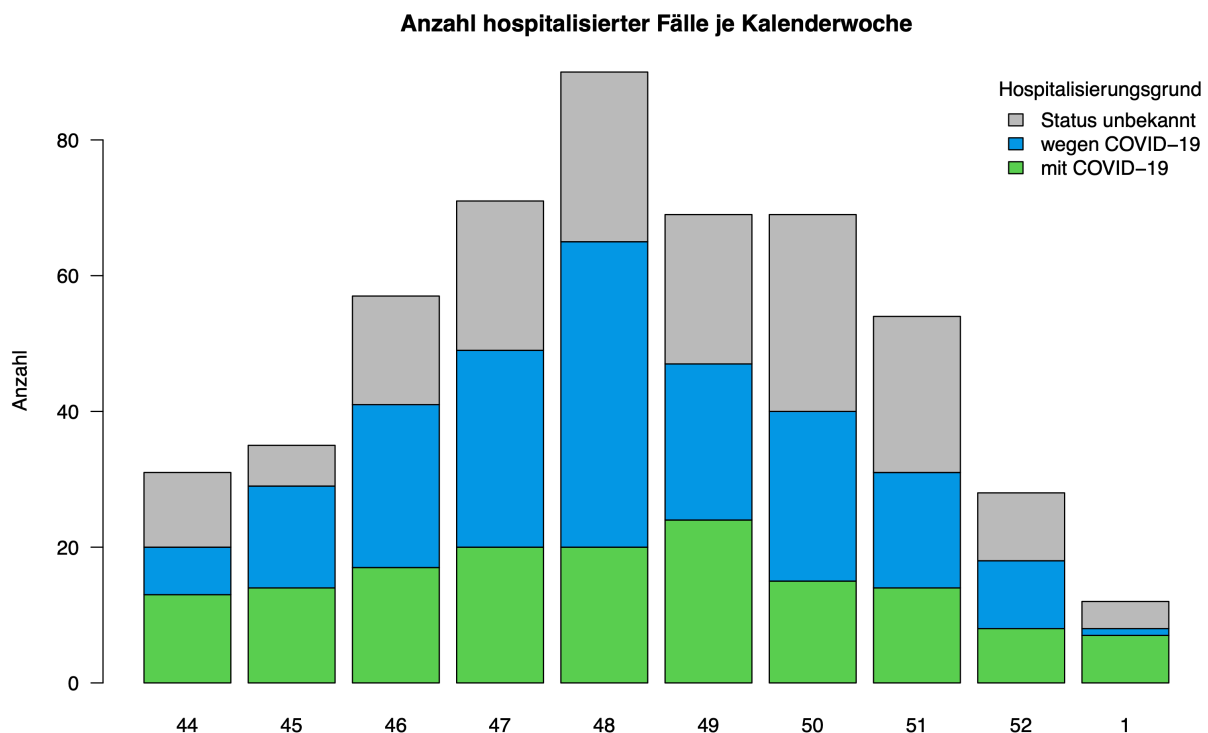


Abbildung 1: Anzahl hospitalisierter COVID-19 Fälle je Woche im Saarland. Daten: LKI Saarland, Darstellung: CODAG.

Abbildung 1 zeigt die Anzahl hospitalisierter COVID-19 Fälle je Kalenderwoche mit entsprechendem Hospitalisierungsgrund. Man erkennt, dass der überwiegende Teil der Patient:innen **wegen** COVID-19 hospitalisiert wurde (blaue Felder). Der Verlauf zeigt die vierte Welle mit dem Maximum von COVID-19 erkrankten Patientenzahlen in der Woche 48. Die Anzahl der **mit** COVID-19 hospitalisierten Fälle (grüne Felder) zeigt ein Maximum in Woche 49, generell ergibt sich aber ein deutlich weniger stark ausgeprägtes zeitliches Muster für diese Gruppe.

Wir wenden nun ein statistisches Regressionsmodell an, um die Hospitalisierungsinzidenz in den 4 resultierenden Gruppen zu analysieren:

- Gruppe 1: Geimpfte Hospitalisierte **mit** COVID-19
- Gruppe 2: Geimpfte Hospitalisierte **wegen** COVID-19
- Gruppe 3: Ungeimpfte Hospitalisierte **mit** COVID-19
- Gruppe 4: Ungeimpfte Hospitalisierte **wegen** COVID-19

Ferner ziehen wir in der Gruppe der Geimpften den Booster-Status heran. Das statistische Modell ist im Anhang dieses Berichtes genauer beschrieben. Die zentralen Aussagen sind die folgenden:

- Bei den geimpften und geboosterten Hospitalisierten ist etwa die Hälfte der Patient:innen nicht **wegen**, sondern **mit** COVID-19 im Krankenhaus.
- Bei den Ungeimpften sind hingegen mehr als doppelt so viele **wegen** COVID-19 hospitalisiert (Faktor 2.38) im Vergleich zu **mit** COVID-19.
- Für Personen mit Booster-Impfung reduziert sich die Hospitalisierungsinzidenz auf ca. 60%, sowohl **wegen** als auch **mit** COVID-19. Dies deutet auf eine generelle Senkung der Infektionen für Personen mit Booster-Impfung hin.

Aus dem statistischen Modell lassen sich für die unterschiedlichen Gruppen Hospitalisierungsinzidenzen berechnen, welche Abbildung 2 zeigt. Die grünen Punkte (links) zeigen die Hospitalisierungsinzidenzen **mit** COVID-19, die blauen Punkte (rechts) **wegen** COVID-19. Man erkennt, dass sich die Werte für Geimpfte (Kreise) und Geboosterte (Dreiecke) kaum unterscheiden, sprich etwa die Hälfte der geimpften COVID-19 Hospitalisierten ist **mit** COVID-19. Anders sieht es bei den Ungeimpften (Quadrate) aus. Hier sind deutlich mehr **wegen** als **mit** COVID-19 hospitalisiert.

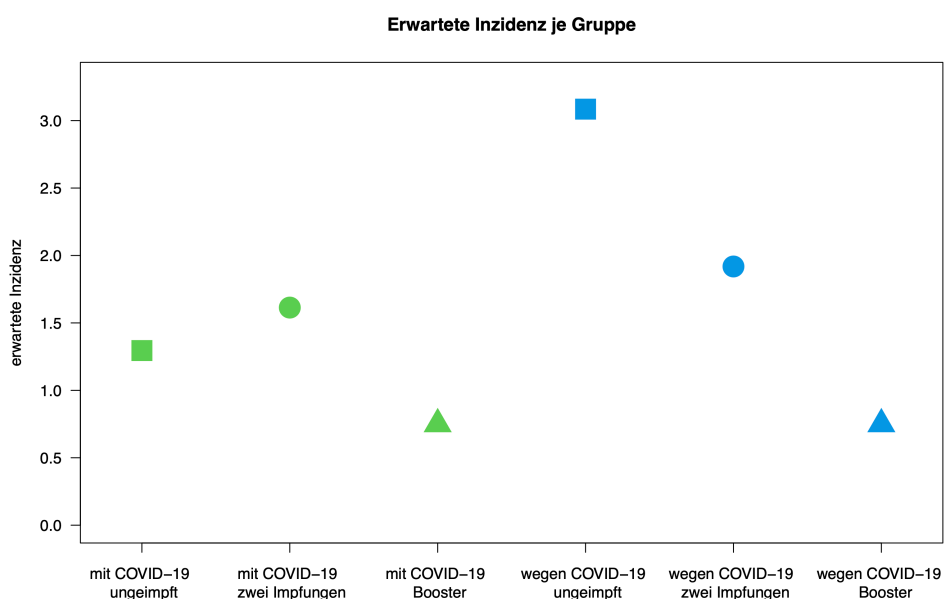


Abbildung 2: Erwartete Hospitalisierungs-Inzidenzen getrennt für die Befunde „mit COVID-19“ und „wegen COVID-19“ jeweils für ungeimpfte, zweimal geimpfte und geboosterte Personen. Daten: LKI Saarland, Darstellung: CoDAG.

Entwicklung der Hospitalisierungen:

Die obigen Ergebnisse erlauben eine grobe Abschätzung der Entwicklung der Hospitalisierungsinzidenz bei steigenden Inzidenzen mit gleichzeitig fallender Wahrscheinlichkeit von schweren Verläufen (Stichwort Omikron). Dazu nehmen wir vereinfachend an, dass der Impfstatus (23% ungeimpft, 31% zweimal geimpft, 46% Booster-Impfung) konstant bleibt, wohingegen sich das Infektionsgeschehen und die Schwere einer COVID-19-Erkrankung verändern. Das Infektionsgeschehen wird dabei durch die Inzidenz definiert, wobei Dunkelziffer und eingeschränkte Testkapazitäten bei steigenden Inzidenzen nicht berücksichtigt werden. Als Krankheitsschwere betrachten wir die Hospitalisierungsinzidenz wegen COVID-19, jeweils getrennt nach Impfstatus.

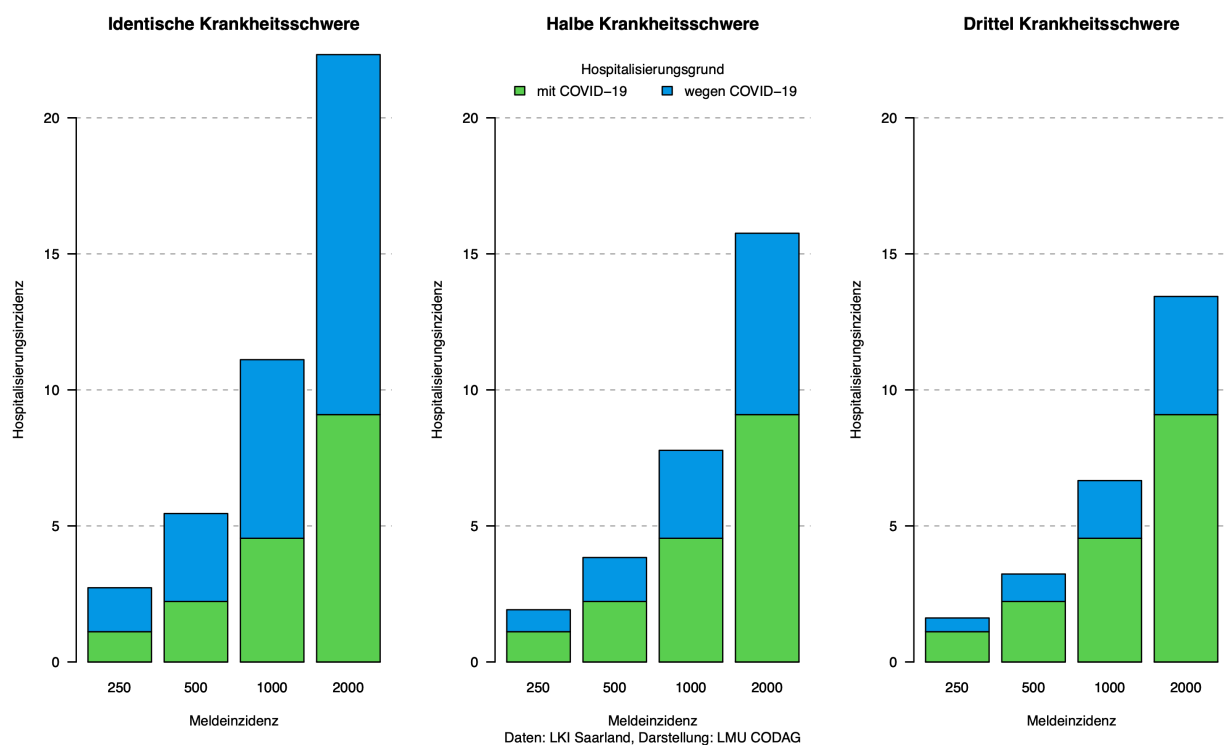


Abbildung 3: Entwicklung der Anzahl Hospitalisierungen je sieben Tage und 100.000 Einwohner (Hospitalisierungsinzidenz) mit und wegen COVID-19 bei unterschiedlichen Meldeinzidenzen und Krankheitsschwere von $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{3}$. Daten: LKI Saarland, Darstellung: CODAG.

Im Beobachtungszeitraum der Wochen 44 (2021) bis 1 (2022) konnte eine durchschnittliche Meldeinzidenz von ungefähr 250 Fällen je sieben Tage und 100.000 Einwohner beobachtet werden. Basierend auf dem Regressionsmodell berechnen wir die erwarteten Hospitalisierungen je sieben Tage bei einer Meldeinzidenz von 500 (Faktor 2), 1000 (Faktor 4) und 2000 (Faktor 8). Da für die Omikron-Variante mit einem milderem Verlauf und infolgedessen mit einer niedrigeren Hospitalisierungsrate gerechnet wird, gehen wir von einer identischen Schwere (Faktor 1, zum Vergleich)

sowie von um 25% (Faktor $3/4$)¹, 50% (Faktor $1/2$)² und 66% (Faktor $1/3$) niedrigeren Hospitalisierungsraten aus. Bei unserer Berechnung nehmen wir weiter an, dass die beobachteten Unterschiede je nach Impfstatus bei der Hospitalisierungsinzidenz bei „milderen“ Varianten identisch sind, sprich das Regressionsmodell für die angegebenen Kalenderwochen sich auf zukünftige Wochen und Infektionen vornehmlich mit der Omikron Variante übertragen lässt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 (für Faktor 1, $1/2$ und $1/3$) dargestellt.

Es zeigt sich, dass die Hospitalisierungsinzidenz der mit und wegen COVID-19 hospitalisierten Patienten mit der Meldeinzidenz ansteigt. Bei Faktor 1 (gleicher Verlauf wie Delta Variante) führt dies zu stark erhöhten Hospitalisierungen, sowohl mit als auch wegen einer COVID-19 Infektion (linke Graphik). Nimmt man dagegen an, dass sich der Schwereverlauf reduziert auf den Faktor $1/3$ (rechte Graphik), so steigt die Hospitalisierung ebenfalls an, **allerdings vornehmlich durch Patient:innen die mit COVID-19 hospitalisiert werden.** Bei einer Inzidenz von 2000 läge die Hospitalisierungsinzidenz dann bei etwa 14, wobei sich diese aufteilt in eine Hospitalisierungsinzidenz von 5 wegen COVID-19 und 9 mit COVID-19. **Die Analysen zeigen, dass bei milderem Verlauf der Omikron Variante und gleichzeitig stark steigenden Inzidenzen, die Mehrzahl der COVID-19 Hospitalisierten nicht aufgrund der Infektion im Krankenhaus liegen.**

Die absoluten Zahlen für das Saarland sind in Tabelle 1 gegeben.

Die Gültigkeit unserer Analysen hat Grenzen. Wir weisen explizit darauf hin, dass die Berechnungen nur eine grobe Abschätzung der zu erwartenden Hospitalisierungen geben und nicht als Prognose zu verstehen sind. Ebenso weisen wir darauf hin, dass die Werte tendenziell unterschätzt werden, da wir Patient:innen ohne Angabe des Impfstatus oder Hospitalierungsgrund aus den Analysen ausgenommen haben. Insofern können die Werte um ca. 30-40% höher liegen. Dennoch zeigen die Analysen den generellen Trend.

Bei steigender Zahl an schwach bzw. asymptomatischen COVID-19 Fällen und gleichzeitigem Erreichen der maximalen Testkapazitäten empfiehlt es sich die Entwicklung der Hospitalisierungen mit und wegen COVID-19 genauer zu beobachten und auch die Datenqualität der Hospitalisierungen zu verbessern bzw. nicht zu verschlechtern. Nur so sind Aussagen über den Pandemieverlauf und mögliche Engpässe im Krankenhaus statistisch fundiert machbar

Tabelle 1: Berechnete Anzahl an Hospitalisierungen im Saarland

Meldeinzidenz (Faktor)	Faktor Schwere	Anzahl mit COVID-19	Anzahl wegen COVID-19	Summe
250 (1)	1,00	11	16	27
250 (1)	0,75	11	12	23
250 (1)	0,50	11	8	19
250 (1)	0,33	11	5	16

¹ doi: <https://doi.org/10.1101/2022.01.12.22269148>

² doi: <https://doi.org/10.1101/2022.01.11.22269045>

500 (2)	1,00	22	32	54
500 (2)	0,75	22	24	46
500 (2)	0,50	22	16	38
500 (2)	0,33	22	10	32
1000 (4)	1,00	45	65	110
1000 (4)	0,75	45	49	94
1000 (4)	0,50	45	32	72
1000 (4)	0,33	45	21	61
2000 (8)	1,00	90	131	221
2000 (8)	0,75	90	98	188
2000 (8)	0,50	90	66	156
2000 (8)	0,33	90	43	133

ANHANG

Statistisches Modell:

Für die weitere Analyse und Berücksichtigung des Impfstatus' verwenden wir ein Poisson-Regressionsmodell mit der Zielgröße Anzahl der wegen COVID-19 hospitalisierten Fälle innerhalb der vergangenen sieben Tage. Wir betrachten die Kalenderwochen 44 bis 1. Als Einflussgrößen werden die Variablen geimpft ($i = 1$ wenn ja, sonst 0) und Booster-Impfung ($b = 1$ wenn ja, sonst 0) aufgenommen sowie ein glatter Effekt $f(w)$ der Kalenderwoche w und den Grund der Hospitalisierung ($i = 1$ wenn wegen COVID-19 hospitalisiert, sonst 0) sowie die Interaktionseffekte zwischen i mit g und b mit g . Das Modell berücksichtigt implizit die unterschiedlichen Populationsgrößen für Ungeimpfte, zweimal Geimpfte ohne Booster-Impfung und Personen mit Booster-Impfung in Form eines so genannten Offsets. Für die Regression verwenden wir folgendes Modell

$$E(y_{wibg}) = \exp(\beta_0 + f(w) + \beta_1 i + \beta_2 b + \beta_3 g + \beta_4 ig + \beta_5 bg)$$

Mit y_{wibg} als Anzahl der Fälle je 7 Tage und 100.000 Personen in entsprechender Gruppe in der Woche w , dem Impfstatus i (2-mal geimpft) und dem Booster-Status b und dem Hospitalisierungsgrund g . Für die Anzahl der Fälle y_{wibg} wird eine Poissonverteilung (mit Offset als log Populationsgröße) unterstellt, dadurch wirken die Effekte multiplikativ.

Der Koeffizient β_0 stellt ein mittleres Niveau für die Hospitalisierung dar für die Gruppe der ungeimpften ($i=0$ und $b=0$) und für den Grund „mit COVID-19“ ($g=0$).

Die Funktion $f(w)$ gibt den glatten Effekt der Kalenderwoche an und beschreibt einen zeitlichen Trend, der hier nicht weiter von Interesse ist. Die Koeffizienten β_1 sowie β_2 beschreiben den Effekt einer zweimaligen Impfung bzw. der Booster-Impfung, die Koeffizienten β_4 und β_5 beschreiben die Interaktionseffekte zwischen zweimaliger Impfung Hospitalisierungsgrund bzw. Booster-Impfung und Hospitalisierungsgrund.

Die Schätzung ergab folgende Werte:

	$\exp(\hat{\beta})$	95%-Konfidenzintervall
Intercept β_0	1,29	[0,92 ; 1,82]
zweimalige Impfung β_1	1,25	[0,84 ; 1,85]
Booster-Impfung β_2	0,58	[0,32 ; 1,04]
Wegen COVID-19 β_3	2,38	[1,60 ; 3,56]
zweimalige Impfung & Wegen COVID-19 β_4	0,50	[0,31 ; 0,81]
Booster-Impfung & Wegen COVID-19 β_5	0,42	[0,19 ; 0,92]

Die Interpretation der Werte ist im Text gegeben.