

## Arbeiten zu Covid-19

Dr.-Ing. Rainer Janssen, Paderborn  
Prof. i. R. Dr. Jürgen Mimkes, Physik Department, Universität Paderborn

### Einführung

Seit März 2020 befassen wir uns mit der Analyse und Modellierung von Corona-Daten. Wir hatten zuvor in unserer beruflichen Tätigkeit jahrelang Erfahrungen in der mathematischen Modellierung von Vorgängen gesammelt.

### SIR-Modell

Die Corona-Pandemie überträgt sich durch Tröpfchenkontakt zwischen infektiösen und noch nicht infizierten Menschen. Jeder Infizierte steckt wiederum weitere noch nicht Infizierte an, was zeitlich zu einem „lawinenartigen“ exponentiellen Wachstum der Infektionen führt. Die Ansteckungen setzen sich fort, bis das Virus nach und nach keine ansteckbaren Personen mehr findet. Die Menge der ansteckbaren Personen kann durch Verhinderung von Kontakten oder durch Immunisierungen wie Impfungen oder Genesen von der Krankheit begrenzt werden.

Hierfür wurde bereits vor hundert Jahren das SIR-Modell entwickelt (Susceptable, Infectious, Removed, s. <https://de.wikipedia.org/wiki/SIR-Modell> ).

Der zeitliche Verlauf der Pandemie hängt von zwei Faktoren ab: der Ansteckungsrate und der Genesungsrate. Beide hängen von der Art des Virus und von der Konstitution der erkrankten Personen ab. Die Ansteckungsrate hängt zusätzlich vom Verhalten der Gesellschaft ab. Bei geringem Abstand oder häufigem Kontakt werden alle Personen sehr schnell infiziert (steile Welle), bei großem Abstand und seltenem Kontakt erst allmählich (flache Welle).

Eine Verhinderung von Kontakten kann Teile einer Gesellschaft vor Ansteckung schützen. Diese Kontaktverhinderung kann z.B. durch ständiges Tragen geeigneter Masken – wie im Operationssaal - erreicht werden. Während aber im Operationssaal das ständige Tragen von Masken überwacht wird, ist dies in einer freien Gesellschaft nicht möglich. Es ist also nach einer Verteilung von Masken in der Bevölkerung nicht möglich, die genaue Zahl derer, die sich am Ende angesteckt haben, vorherzusagen. Daher wird diese Zahl durch Anpassung des Modells an den tatsächlichen Verlauf der Infektionsdaten bestimmt.

Das SIR-Modell gilt für ein *konstantes* Verhalten der Gesellschaft und der Viren. Da sich große Gesellschaften meist nur langsam ändern, gibt die Modellierung bei genügend validen Daten auch einen gewissen Blick in die Zukunft frei. Allerdings führt jede unvorhergesehene schnelle Änderung des Verhaltens der Gesellschaft oder der Viren zu einem unberechenbaren weiteren Verlauf der Pandemie. Eine Modellierung der Pandemie ist daher zwar ein sicherer Blick in die Vergangenheit, dies gilt aber nicht immer für die Zukunft.

### Ergebnisse

Bereits seit Beginn der Covid-19-Pandemie hatten wir aus wissenschaftlichem Interesse Modelle für den zeitlichen Verlauf der Infektionsfälle („cases“) in China, USA, Deutschland und Paderborn erstellt. Später haben wir weitere ca. zehn Länder aus den täglich veröffentlichten OWID-Tabellen („Our World in Data“, <https://github.com/owid/covid-19-data/tree/master/public/data/> ) hinzugenommen, um die Validität der Modelle zu überprüfen. Die Beobachtungen haben wir zum Teil veröffentlicht, daher die Grafiken mit englischen Bezeichnungen.

Bild 1 zeigt den Verlauf der einzelnen Wellen der Pandemie in Deutschland. Die Anzahl der täglich neu gemeldeten Fälle ist dabei auf eine Million Einwohner bezogen (pmp = per million people), um Vergleiche mit anderen Ländern zu ermöglichen.

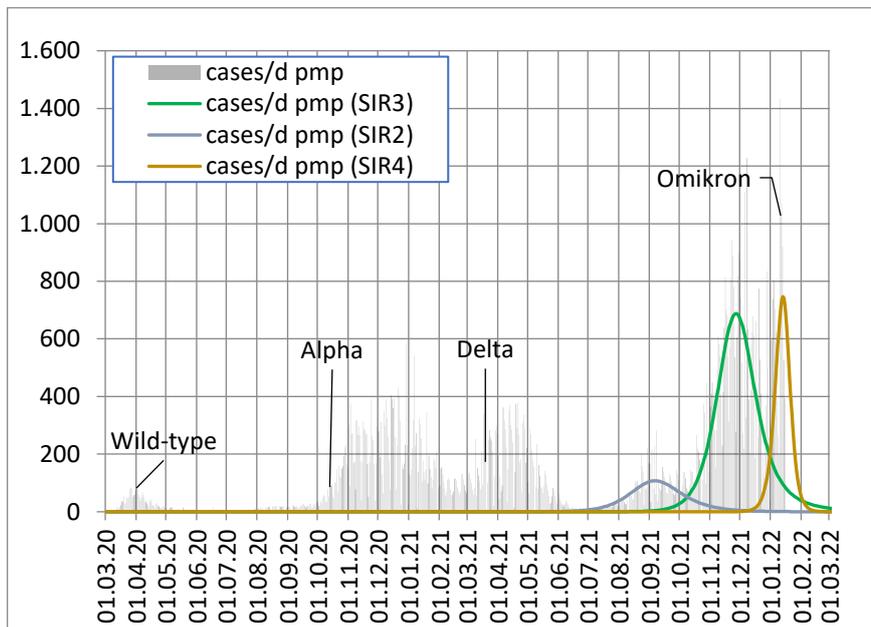


Bild 1. Deutschland

Man erkennt die erste Welle vom „Wildtyp“, dann die Alpha-Welle vom Winter 2020, danach drei Delta-Wellen in 2021 und schließlich die Omikron-Welle.

Unsere Modellierung erfolgt dadurch, dass die Parameter des SIR-Modells solange variiert werden, bis es mit den realen Daten (senkrechte Linien) möglichst gut übereinstimmt. In Bild 1 sind z.B. die letzten drei Wellen modelliert. Wenn man jede Welle einzeln mit dem SIR-Modell nachbildet und alle Wellen addiert, entsteht die rot gestrichelte Modellkurve in Bild 2 als Gesamtverlauf.

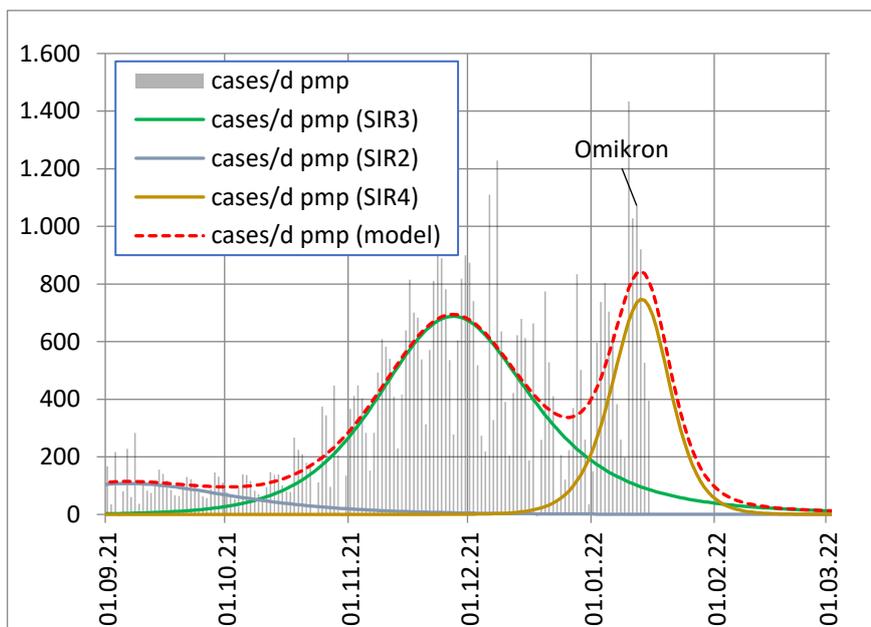


Bild 2. Deutschland

Im SIR-Modell sind die ansteigende und die absteigende Flanke einer Welle etwa gleich steil. Dies haben wir auch in fast allen Wellen aus 14 untersuchten Ländern in der Realität beobachtet. Nur wenn sich Wellen überlappen oder plötzliche Verhaltens- oder Virenänderungen auftreten, entstehen Asymmetrien im Gesamtverlauf.

## Paderborn

Bild 3 zeigt die 7-Tage-Inzidenzen für Deutschland und Paderborn als Mittelung der neuen Fälle. Für Deutschland haben wir die Inzidenzen aus den OWID-Tabellen berechnet (s.o.), für Paderborn aus den täglich vom Gesundheitsamt gemeldeten Falldaten. Für Paderborn liegen sie verzögert und niedriger als für Deutschland. Die vom RKI für Paderborn aufbereiteten Inzidenzdaten liegen sogar noch niedriger.

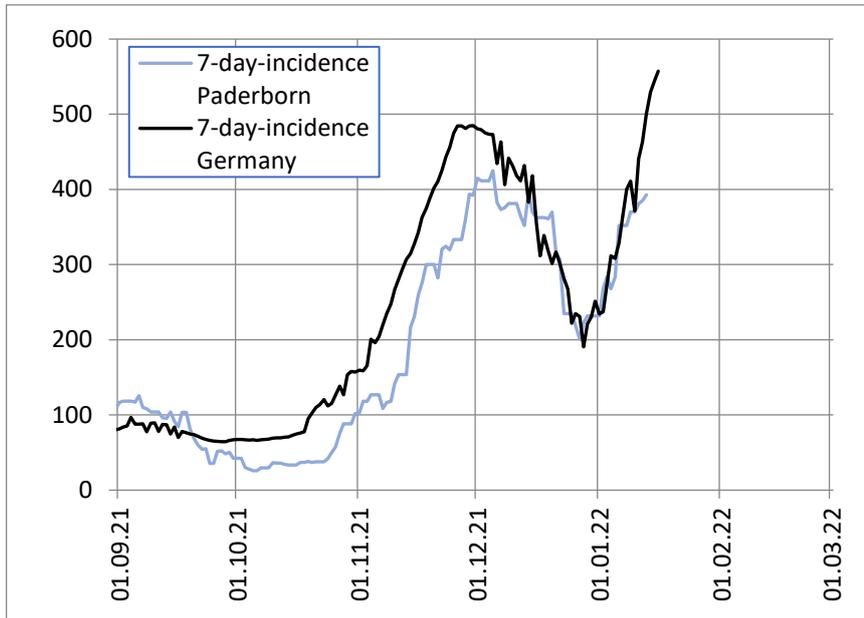


Bild 3. Deutschland/Paderborn

## Inzidenzmaximum

Leider sind Zeitpunkt und damit Höhe des Maximums nach dem SIR-Modell allein sehr schwer vorherzusagen. Dies versuchen große Modellerteams an mehreren Instituten mit deutlich komplizierteren Modellen. Schon kleine Änderungen der Ausgangsdaten können eine große Änderung des weiteren Verlaufs ergeben. Bild 4a zeigt z.B. in hellrot eine Modellierung nach dem bisherigen Verlauf in Deutschland (Modell 1) und in Dunkelrot eine Modellierung, die der aktuellen Inzidenz in den Niederlanden entspricht (Modell 2). Gegenüber dem 15. Januar 2022 würde sich die Summe aller Fälle im ersten Modell um rund 8 % und im Modell 2 um rund 40 % erhöhen (Bild 4b). Beide Modelle unterscheiden sich aber wenig im Anfangsverlauf.

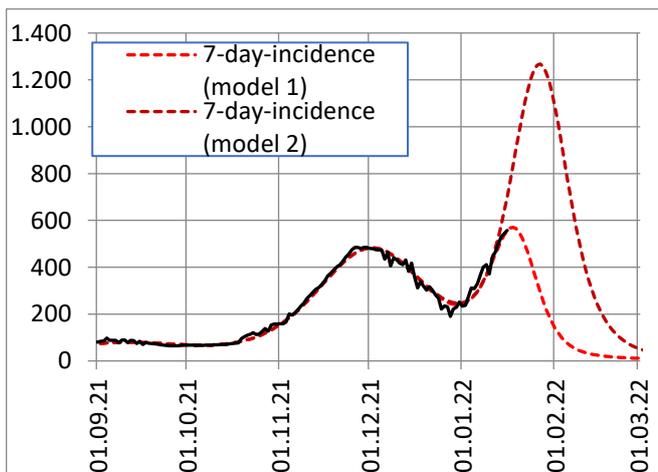


Bild 4a. Deutschland

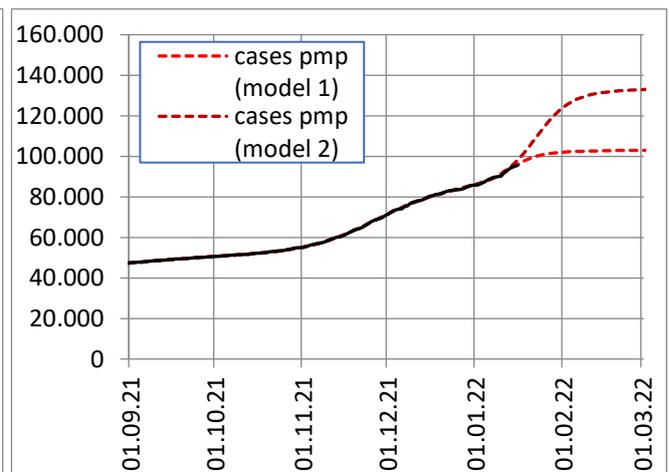


Bild 4b. Deutschland

Ein Blick nach England zeigt, dass zumindest dort die Omikron-Welle um den 5.1.2022 ihren Gipfel erreicht hatte und annähernd genauso steil wie modelliert wieder abfällt (Bild 5a). Dies bestätigt die Validität des SIR-Modells nach Erreichen des Maximums einer Welle und lässt vermuten, dass auch in Paderborn, in Deutschland und anderen Ländern die Inzidenz ebenso schnell sinkt, wie sie gestiegen ist, sobald das Maximum überschritten ist.

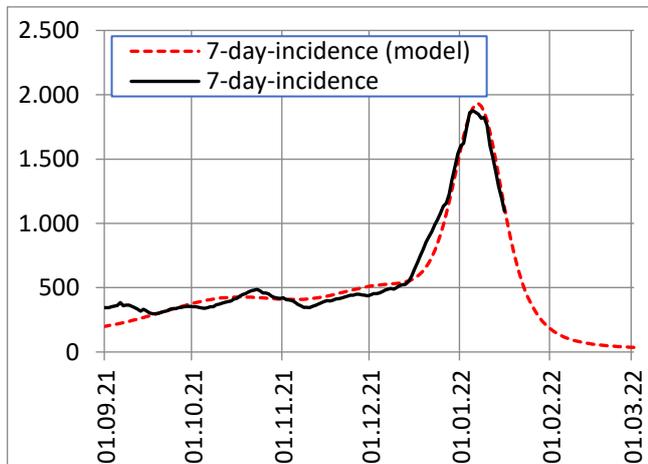


Bild 5a. England

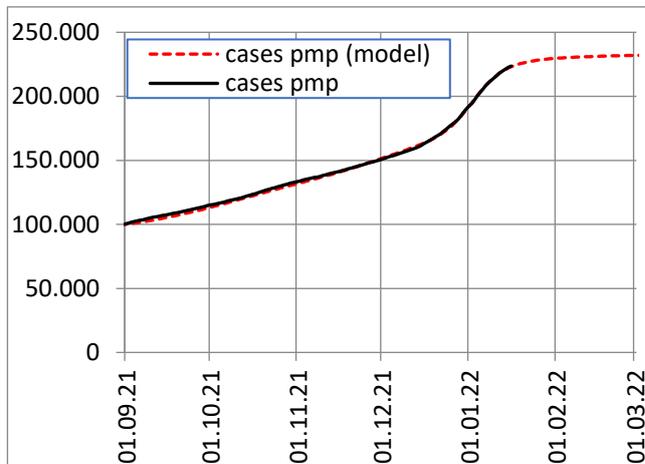


Bild 5b. England, Summe aller Fallzahlen

### Intensivpatienten

Im Verhältnis zur Inzidenz der zweiten und dritten Welle in Deutschland ist die Zahl der gemeldeten Patienten auf Intensivstationen (ICU, Intensiv Care Unit) stark zurückgegangen (Bild 6a).

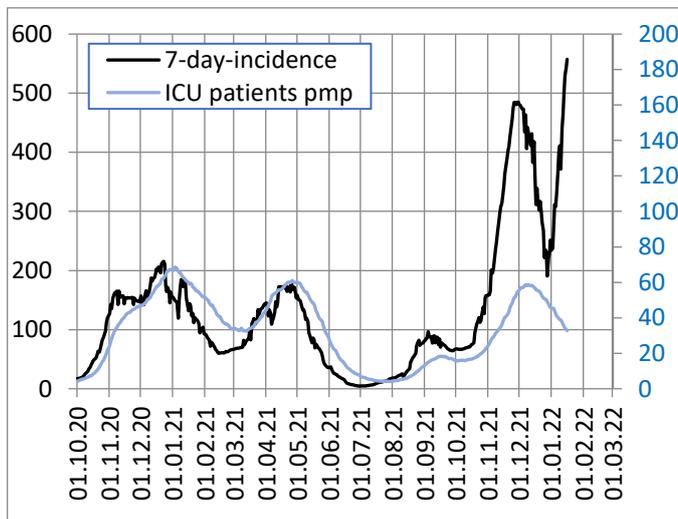


Bild 6a. Deutschland

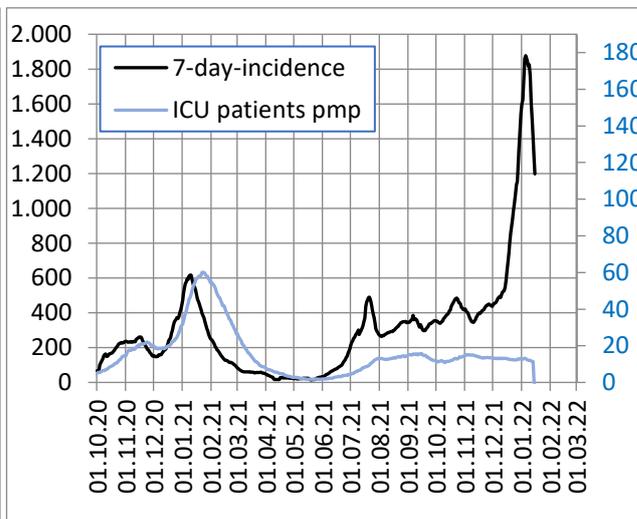


Bild 6b. England

Der Vergleich mit England (Bild 6b) zeigt einen ähnlichen Verlauf. Dort ist nach Überschreiten des Maximums der Omikron-Welle bisher noch kein Anstieg der Intensivpatienten zu beobachten. Allerdings ist dort die Impfquote höher als in Deutschland.

## Mortalität

Noch stärker ist der Rückgang bei der Zahl der an oder mit Covid-19 Gestorbenen in Deutschland (Bild 7). Dass der Rückgang schon in der Delta-Welle im letzten April beginnt, ist wohl zurückzuführen auf die beginnenden Impfungen der Älteren und die Tatsache, dass damals mehr junge Leute erkrankten.

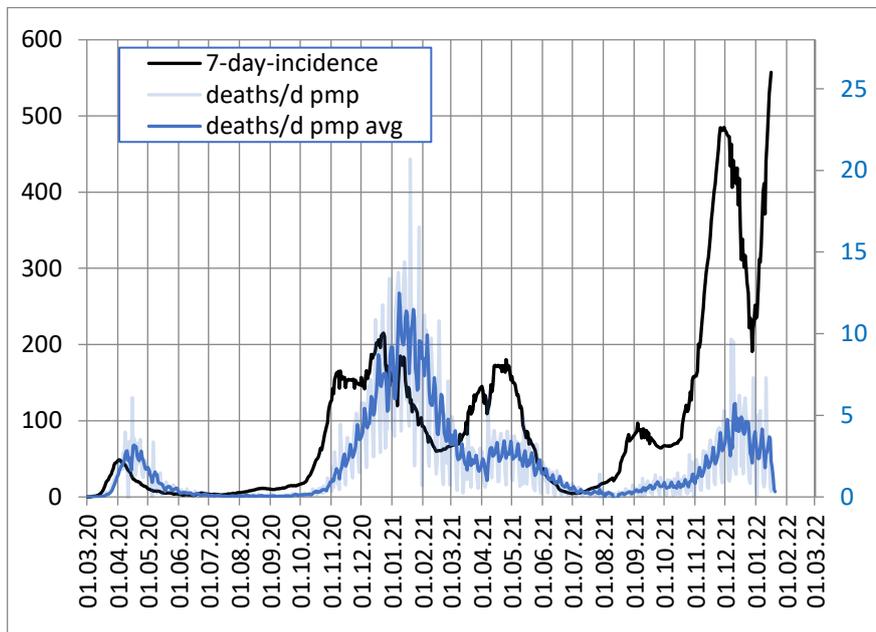


Bild 7. Deutschland

## Zusammenfassung

Durch eine Modellierung des Verlaufs der Pandemie mit dem SIR-Modell können rückwirkend die einzelnen Wellen gut nachgebildet werden. Für die jeweils letzte Welle kann relativ früh die Geschwindigkeit ihres Anstiegs modelliert werden. Wann das Maximum erreicht wird, ist kaum vorherzusagen, aber das Absinken der Fallzahlen erfolgt nach aller Erfahrung nach Erreichen des Maximums mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Anstieg, wie auch das Beispiel England in der Omikron-Welle zeigt. Da zu erwarten ist, dass sich das Maximum in Deutschland demnächst einstellen kann, wird man vielleicht in etwa einer Woche schon genauere Vorhersagen machen können.