

# **Der Einfluss der Unvorsichtigen auf den Pandemieverlauf**

Peter Möller und Harry Drewes

2.3.2021

## **Inhaltverzeichnis**

Einführung: Die erste und die zweite Welle im Vergleich

1. Die Kurvenform der zweiten Welle
2. Waren die Maßnahmen gegen die zweite Welle wirksam?
3. Zusammenfassung

Anhang:

1. Parameter der Berechnung
2. Waren die Maßnahmen gegen die erste Welle wirksam?

Zusammenfassung

Literatur und Quelle der Daten

## **Einführung: Die erste und die zweite Welle im Vergleich**

Zunächst vergleichen wir die erste Welle (siehe Abbildung 1) mit der zweiten Welle (siehe Abbildung 2). Bei beiden gab es stufenweise Verschärfungen der Maßnahmen. Der wesentliche Unterschied ist die viel komplexere Kurvenform der zweiten Welle. Was ist der Grund dafür?

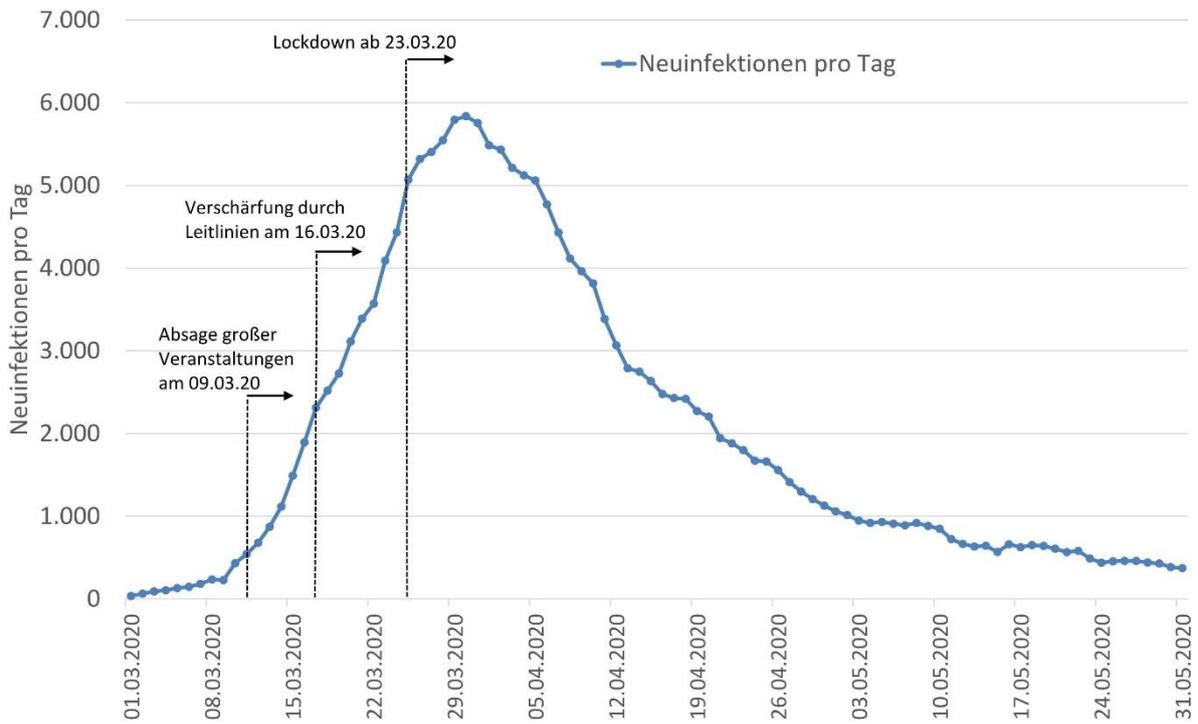


Abbildung 1. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Deutschland für die erste Welle. Berechnet mit Daten aus [D1].

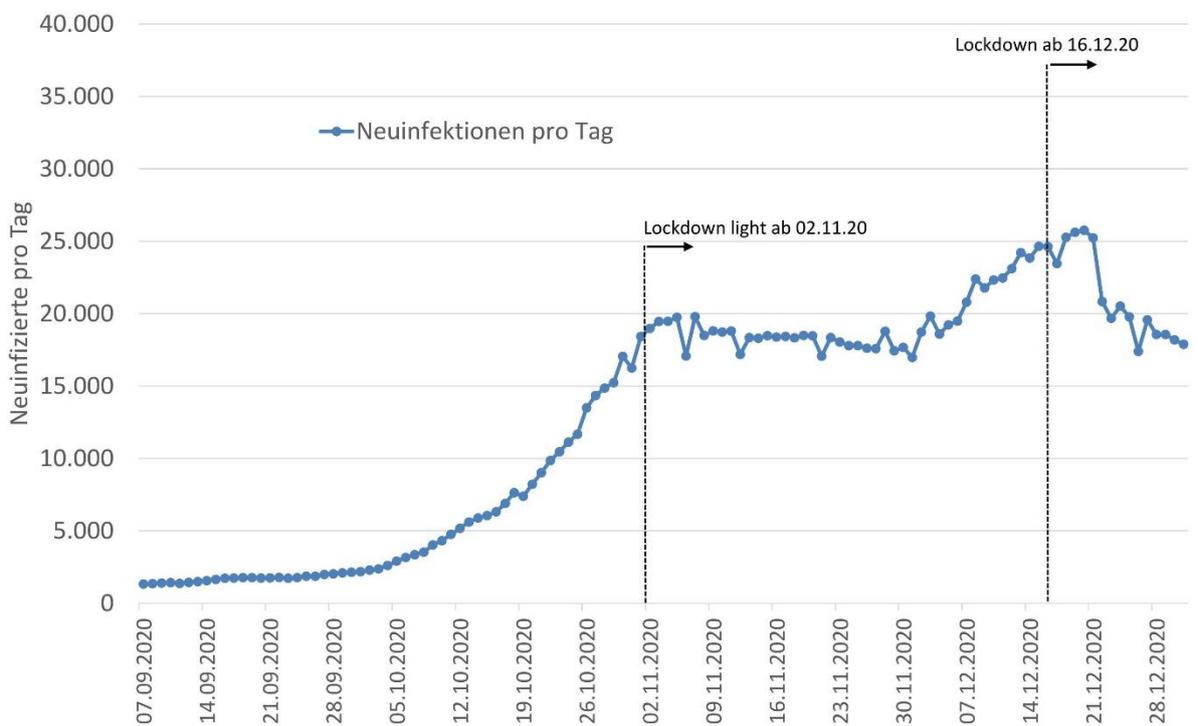


Abbildung 2. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Deutschland für die zweite Welle. Berechnet mit Daten aus [D1].

# 1. Die Kurvenform der zweiten Welle

Die zweite Welle weist in Deutschland, in vielen anderen Ländern und auch in vielen Bundesländern eine seltsame Kurvenform auf. Wir haben dieses Phänomen zunächst für Deutschland untersucht. Der Teil-Lockdown ab dem 02.11.2020 hat das exponentielle Wachstum der Neuinfiziertenzahlen Mitte November gestoppt. Aber erst die Verschärfung am 16.12. hat die Anzahl der Neuinfizierten wieder deutlich reduziert. In der Abbildung 2 ist im November ein „Plateau“ zu erkennen. Was ist der Grund für dieses Plateau?

Das Plateau lässt sich mit folgenden Annahmen erklären:

1. Es gibt viele vorsichtige Menschen und wenige unvorsichtige Menschen\*.
2. Die unvorsichtigen Menschen beachten die Regeln nur teilweise.

\* Unvorsichtige kann auch bedeuten „unfreiwillig unvorsichtig“, verursacht durch z.B. zu wenig Homeoffice, überfüllter Nahverkehr, etc.

Das ist natürlich eine Vereinfachung, beschreibt aber das Wesentliche. Durch diese einfachen Annahmen (siehe rote gestrichene Kurve in Abbildung 1.1) können die Neuinfizierten pro Tag (blaue gepunktete Kurve) sehr gut beschrieben werden. Die Unvorsichtigen (schwarze durchgezogene Kurve) haben zunächst auf das Infektionsgeschehen nur einen sehr geringen Einfluss, da ihr Anteil an den Neuinfektionen mit etwa 5% Prozent zum Beginn des Lockdown-light am 02.11.20 klein ist. Dieser Anstieg erfolgt aber exponentiell, und damit nimmt der Einfluss der Unvorsichtigen immer mehr zu und führt ab Anfang Dezember zum Anstieg der Neuinfizierten pro Tag. Die Vorsichtigen (grüne durchgezogene Kurve) beachten die Regeln. Deswegen tragen sie zum Infektionsgeschehen nach dem Teil-Lockdown immer weniger bei. Die Parameter der Berechnung sind im Anhang 1 aufgelistet.

Ein Beispiel allein ist natürlich kein Beweis. Deswegen haben wir die gleiche Rechnung für Hamburg gemacht. Auch hier lässt sich der Verlauf der Neuinfizierten pro Tag (blaue gepunktete Kurve in Abbildung 1.2) sehr gut mit unseren einfachen Annahmen beschreiben (siehe rote gestrichene Kurve). Die Parameter der Berechnung sind im Anhang 1 aufgelistet.

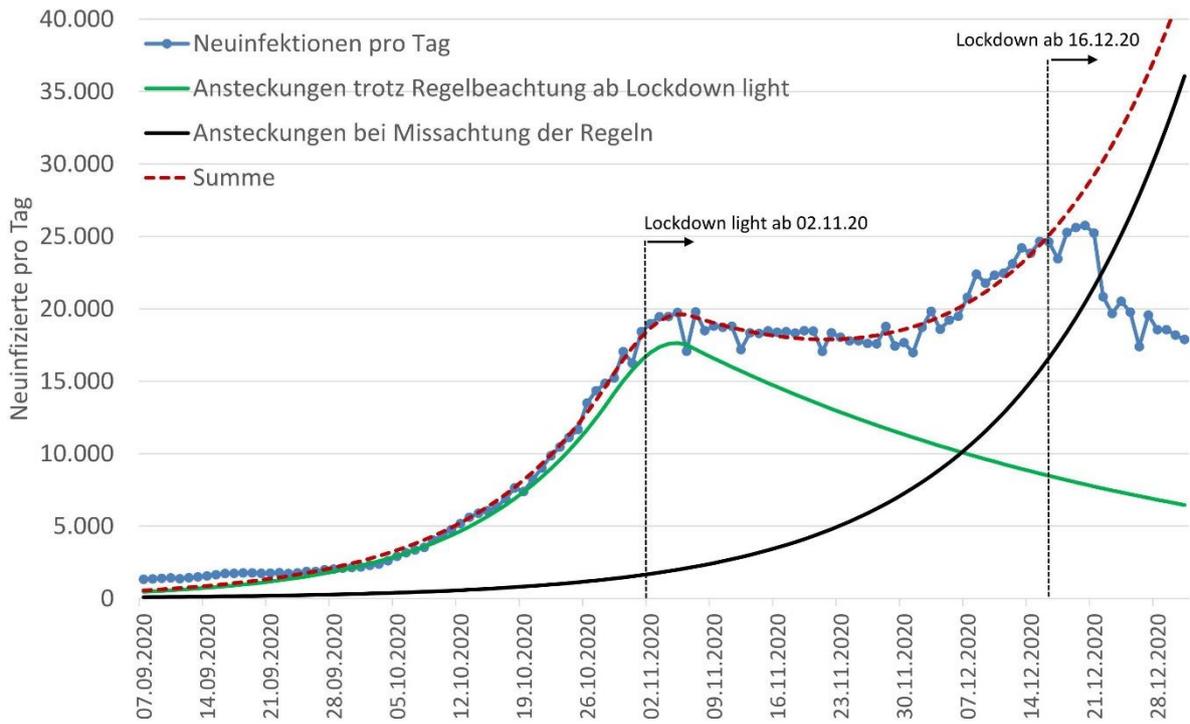


Abbildung 1.1. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Deutschland im Vergleich zu den simulierten Daten. Berechnet mit Daten aus [D1].

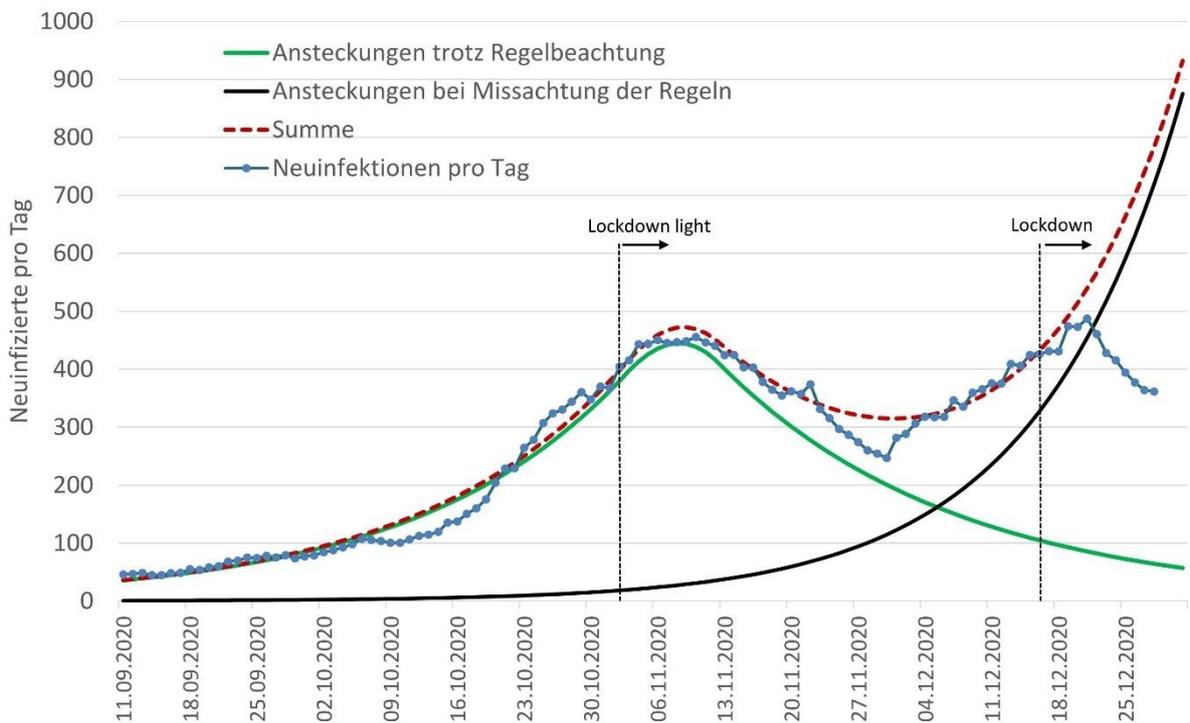


Abbildung 1.2. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Hamburg im Vergleich zu den simulierten Daten. Berechnet mit Daten aus [D2].

Diese beiden Beispiele sind natürlich kein Beweis für die Richtigkeit des Modells. Deswegen haben wir die gleiche Rechnung für weitere Länder gemacht. Auch hier lässt sich der Verlauf der Neuinfizierten pro Tag (blaue gepunktete Kurve in Abbildungen 1.3, 1.4 und 1.5) sehr gut beschreiben (siehe rote gestrichelte Kurve). Die Parameter der Berechnungen sind im Anhang 1 zu finden.

Mit dieser Methode lässt sich der Einfluss von schärferen Corona-Regeln oder eines Lockdowns quantitativ berechnen. Auch den Einfluss von Regel-Lockerungen kann man so besser analysieren. Das zeigt das Beispiel Israel, wo ab dem Zeitpunkt der Wiederaufnahme von Präsenzunterricht an den Schulen die blaue gepunktete Kurve der Neuinfektionen von der Modellkurve abweicht (siehe Abbildung 1.5).

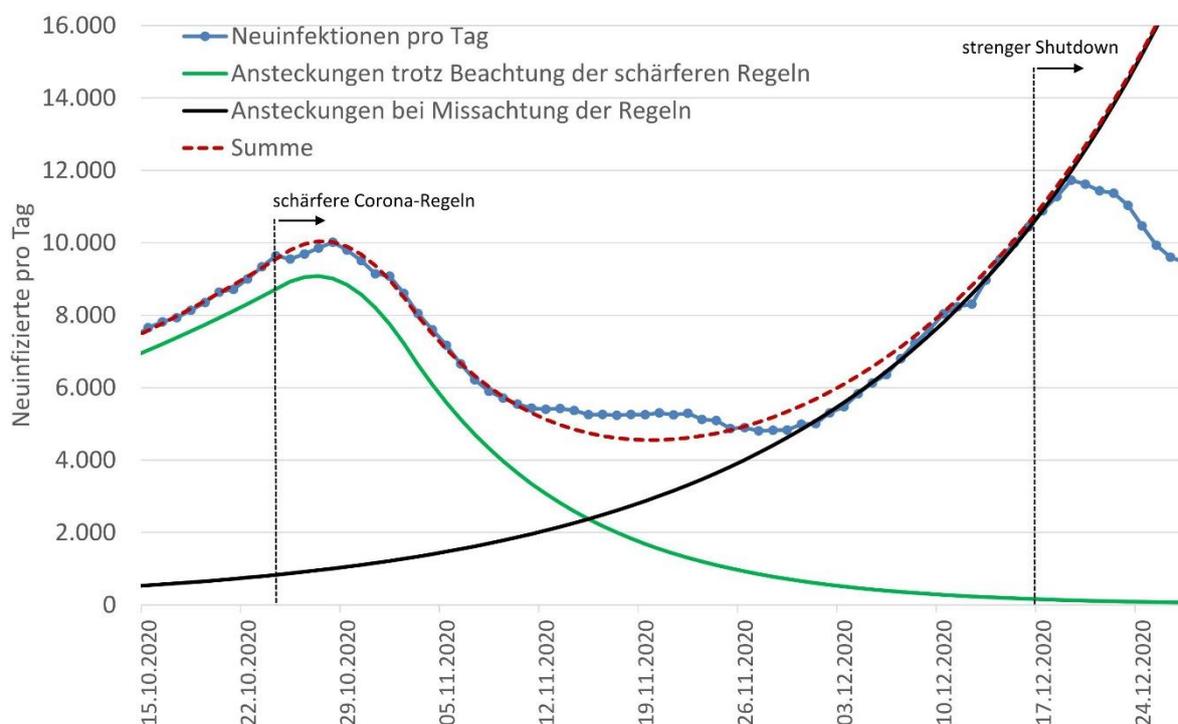


Abbildung 1.3. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Niederlande im Vergleich zu den simulierten Daten. Berechnet mit Daten aus [D1].

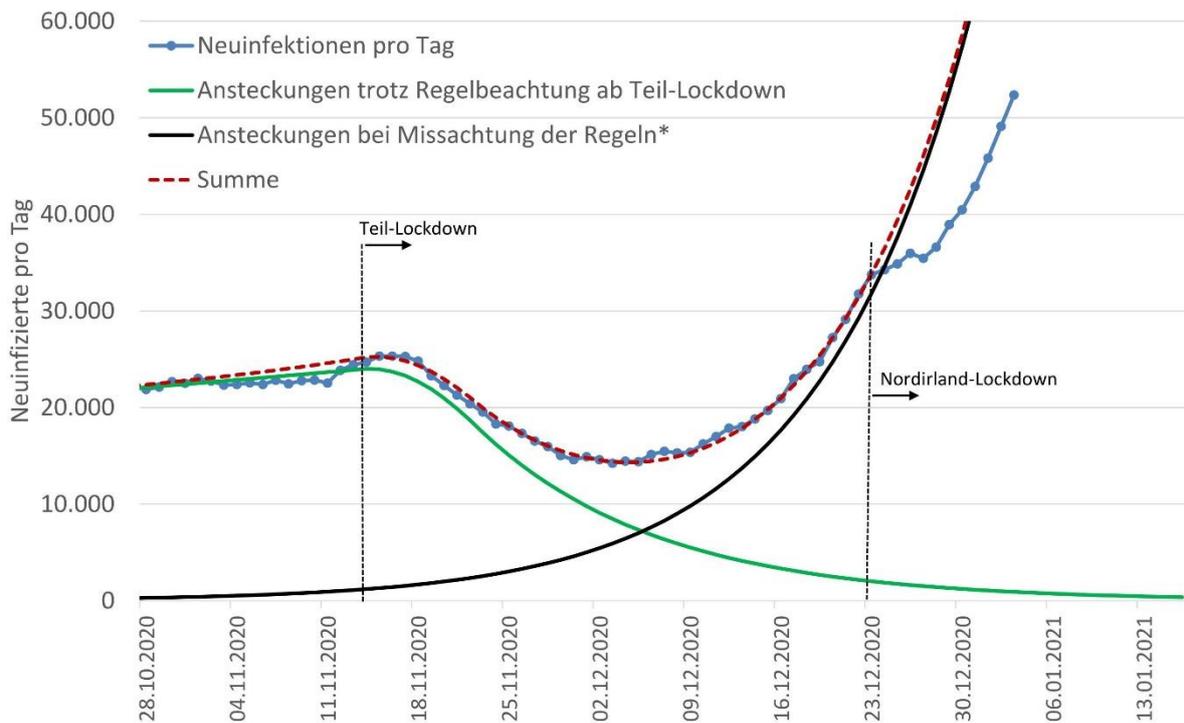


Abbildung 1.4. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Großbritannien im Vergleich zu den simulierten Daten. Berechnet mit Daten aus [D1].

\* Wir werden im nächsten Artikel sehen, dass für Großbritannien im Dezember 2020 der Einfluss der britischen Virus-Mutation bereits eine Rolle gespielt hat.

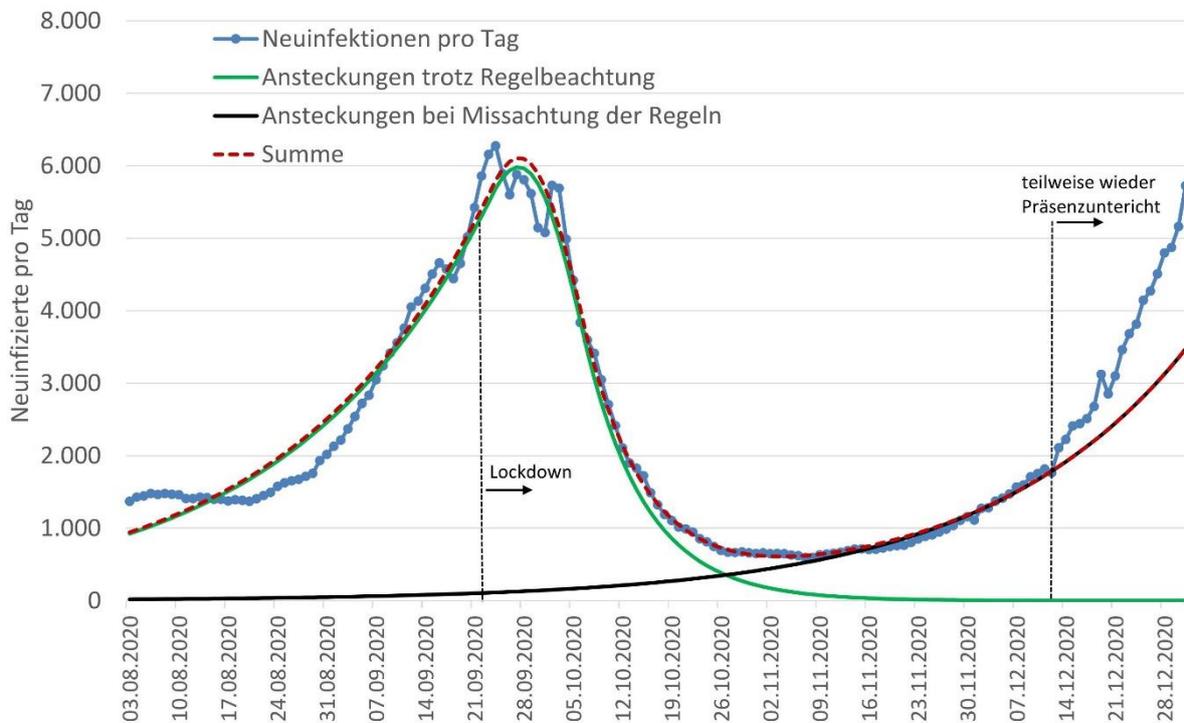


Abbildung 1.5. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Israel im Vergleich zu den simulierten Daten. Berechnet mit Daten aus [D1].

Die Kurvenform der zweiten Welle ist für die oben diskutierten Länder qualitativ gleich, quantitativ jedoch unterschiedlich. Die Unterschiede hängen nur von zwei Parametern ab, vom Anteil der Neuinfektionen in der Gruppe der Unvorsichtigen und vom R-Wert der Unvorsichtigen. Diesen Zusammenhang haben wir in den nächsten beiden Abbildungen genauer untersucht. Je kleiner der Prozentsatz der Neuinfektionen in der Gruppe der Unvorsichtigen ist (siehe Abbildung 1.6), desto länger dauert es bis die Kurve erneut ansteigt und desto größer ist auch der zwischenzeitliche Rückgang.

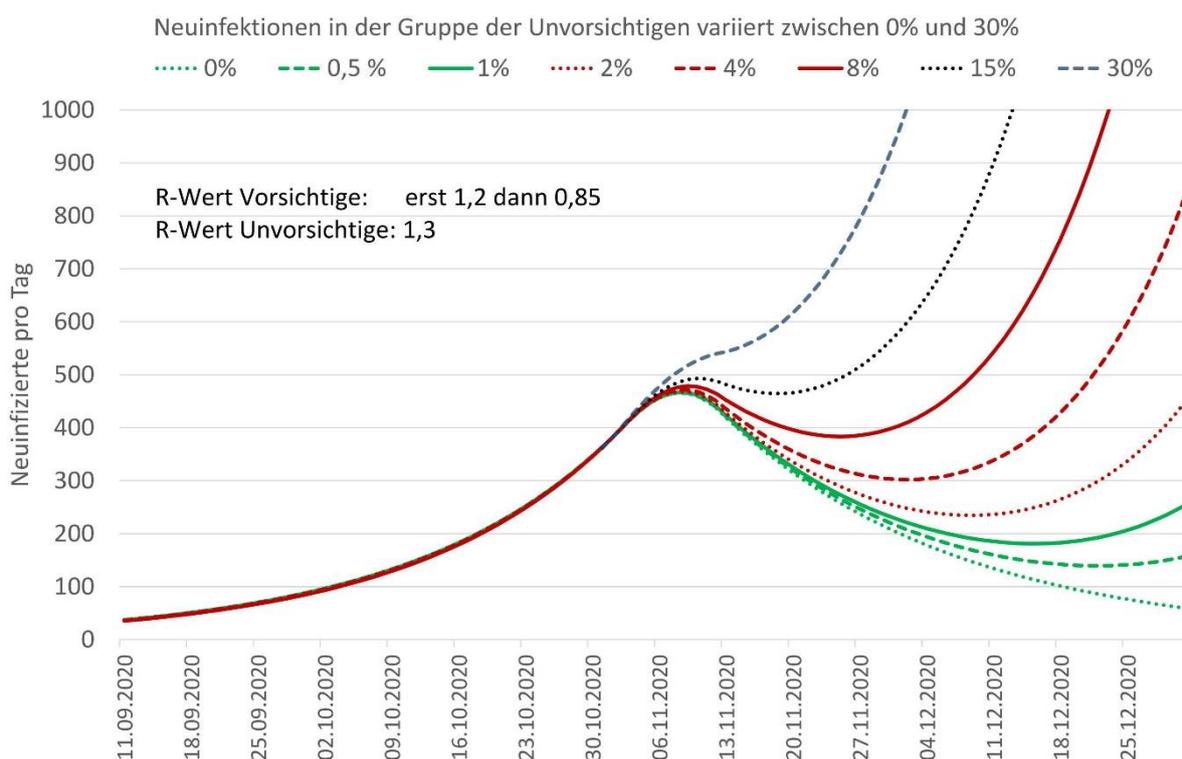


Abbildung 1.6. Der Prozentsatz der Neuinfektionen in der Gruppe der Unvorsichtigen variiert zwischen 0% und 30%.

In der Abbildung 1.7 sieht man die Abhängigkeit der Kurvenform vom R-Wert der Unvorsichtigen. Je kleiner der R-Wert der Unvorsichtigen ist, desto länger dauert es bis die Kurve erneut ansteigt und desto größer ist auch der zwischenzeitliche Rückgang.

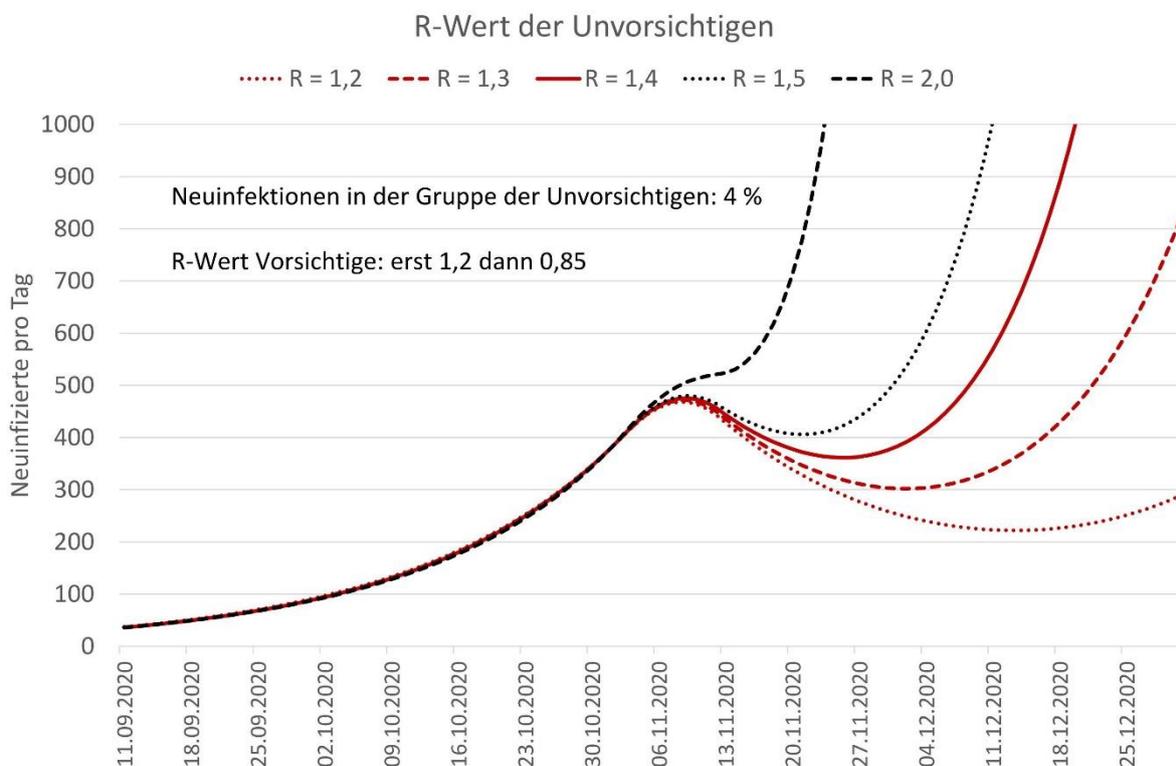


Abbildung 1.7. Der R-Wert der Unvorsichtigen variiert zwischen 1,2 und 2,0.

## 2. Waren die Maßnahmen gegen die zweite Welle wirksam?

Für die erste Welle haben wir gezeigt, dass die Maßnahmen im März die exponentielle Ausbreitung des Virus gestoppt haben (siehe Anhang 2). Für die zweite Welle haben wir eine ähnliche Analyse gemacht mit dem Ziel, in Zeiten der Verunsicherung mit sachlich fundierten Informationen eine klare Orientierung zu geben.

Vor dem Lockdown am 2.11. 2020 stiegen die Neuinfiziertenzahlen mit einem R-Wert von 1,30 an. Der Lockdown hat den R-Wert bei den Vorsichtigen auf 0,93 und bei den Unvorsichtigen auf 1,23 reduziert (siehe Abbildung 2.1). Die Unvorsichtigen mit einem R-Wert über eins, verursachten Anfang Dezember den erneuten Anstieg der Neuinfiziertenzahlen. Erst die Verschärfung am 16.12.2020 hat die Anzahl der Neuinfizierten bundesweit wieder reduziert.

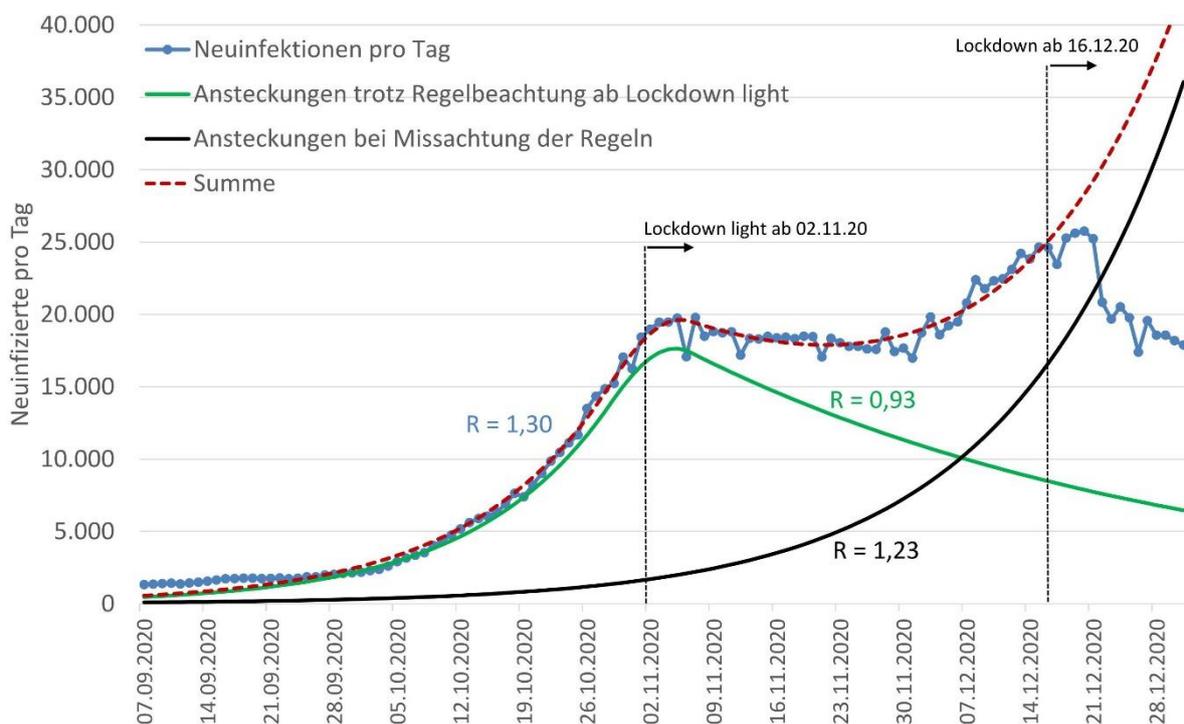


Abbildung 2.1. Anzahl der Neuinfizierten pro Tag für Deutschland. Berechnet mit Daten aus [D1].

## **Sind die Maßnahmen ausreichend?**

Diese Frage ist aus unserer Sicht sehr wichtig, wenn es darum geht das Optimum der Pandemiebekämpfung zu finden. Sind die Maßnahmen zu hart, überfordern sie die Menschen und schädigen die Wirtschaft über das notwendige Maß hinaus. Falls die Maßnahmen nicht ausreichen, die Neuinfiziertenzahlen deutlich zu senken, ist mit sehr vielen Todesfällen zu rechnen.

Gäbe es keine Unvorsichtigen, dann hätte der Teil-Lockdown am 2.11.2020 ausgereicht, die Neuinfiziertenzahlen sehr schnell wieder unter eine Inzidenz von 50 zu bringen und auch dauerhaft unter diesen Wert zu halten. Deswegen ist es so wichtig, möglichst viele Menschen davon zu überzeugen, die Regeln gut einzuhalten. Wenn das nicht gelingt, müssen die Regeln leider verschärft werden, aber nicht erst dann, wenn die Zahl der Neuinfizierten einen neuen Höchststand erreicht haben, sondern früher. Jeder gewonnene Tag rettet sehr viele Menschenleben.

## **Frühwarnsystem**

Die oben beschriebene Methode ist gut geeignet, sehr früh zu erkennen, ob die Maßnahmen für eine erfolgreiche Pandemiebekämpfung ausreichend sind oder nicht. Es spielt dabei keine Rolle, ob es sich um Unvorsichtige handelt, die eine nächste Welle auslösen oder um Virus-Mutationen (siehe Anhang 1). Im nächsten Artikel werden wir die Methode zu einem Analyse-Tool mit Prognosefunktion ausbauen, das nicht nur die Unvorsichtigen und die Wirksamkeit der Maßnahmen, sondern auch den Einfluss von Virusmutationen berücksichtigen kann, mit dem Ziel frühzeitig Empfehlungen für die Politik abzugeben.

### 3. Zusammenfassung

Je genauer man den R-Wert berechnen kann, desto besser können wir untersuchen, was die Maßnahmen gebracht haben. Für die erste Welle haben wir gezeigt, dass die Maßnahmen im März die exponentielle Ausbreitung des Virus in Deutschland gestoppt haben. Die gleiche Analyse haben wir für den zweiten Lockdown gemacht.

Vor dem Lockdown am 2.11. 2020 stiegen die Neuinfiziertenzahlen mit einem R-Wert von 1,30 exponentiell an. Der Lockdown hat den R-Wert bei den Vorsichtigen auf 0,93 und bei den Unvorsichtigen auf 1,23 reduziert. Die Unvorsichtigen haben zunächst auf das Infektionsgeschehen nur einen sehr geringen Einfluss, da ihr Anteil an den Neuinfektionen klein ist. Dieser Anstieg erfolgt aber exponentiell, und damit nimmt der Einfluss der Unvorsichtigen immer mehr zu und führt ab Anfang Dezember zum Wiederanstieg der Neuinfiziertenzahlen. Dies erklärt die Kurvenform der zweiten Welle in Deutschland, Hamburg und anderen Ländern.

Unser Ziel ist es, in Zeiten der Verunsicherung mit sachlich fundierten Informationen eine klare Orientierung zu geben. Deswegen wollen wir die Methode zu einem Analyse-Tool mit Prognosefunktion ausbauen, dass nicht nur die Unvorsichtigen und die Wirksamkeit der Maßnahmen, sondern auch den Einfluss von Virusmutationen berücksichtigen kann.

# Anhang

## 1. Parameter der Berechnung

In der Tabelle A1.1 sind die R-Werte vor und nach dem ersten Lockdown im Herbst 2020 und die gerundeten Prozentsätze der Neuinfektionen in der Gruppe der Unvorsichtigen zum Zeitpunkt des Lockdowns, aufgelistet.

Länder	Vor dem Lockdown R	Vorsichtige nachher $R_{vors}$	Unvorsichtige nachher $R_{unvors}$	Neuinfektionen bei den Unvorsichtigen
Deutschland	1,30	0,93	1,23	9%
Hamburg	1,20	0,85	1,30	5%
Niederlande	1,10	0,71	1,21	9%
Großbritannien	1,03	0,75	1,40*	4%*
Israel	1,15	0,63	1,15	2%

*Tabelle A1.1. R-Werte für vor und nach dem ersten Lockdown im Herbst 2020.*

*\* Wir werden im nächsten Artikel sehen, dass für Großbritannien im Dezember 2020 der Einfluss der britischen Virus-Mutation bereits eine Rolle gespielt hat.*

Die Methode, den Einfluss von Unvorsichtigen zu berechnen, können wir verallgemeinern mit dem Ziel, auch die Auswirkungen von Virus-Mutationen auf den Pandemieverlauf zu untersuchen. Wir können in beiden Fällen zwei Gruppen von Menschen unterscheiden. Jeder Mensch hat einen eigenen R-Wert, der sich ständig ändert. Für das dynamische Verhalten des Systems ist nur die Größe des R-Wertes relevant. Wir teilen deswegen die Menschen in zwei Gruppen ein. Die erste Gruppe hat einen kleineren R-Wert ( $R_1$ ), die zweite einen größeren ( $R_2$ ).  $R_1$  entspricht dann dem R-Wert der Vorsichtigen und  $R_2$  der Unvorsichtigen. Die oben beschriebene Methode kann man auch anwenden, um den Einfluss von Virus-Mutationen auf das Infektionsgeschehen zu berechnen.  $R_1$  entspricht dann dem R-Wert des bisherigen Virus und  $R_2$  dem R-Wert der Virus-Mutation. Für die Entwicklung des Infektionsgeschehen ist es egal, ob Unvorsichtige oder Virus-Mutationen zu einem erhöhtem R-Wert führen.

## 2. Waren die Maßnahmen gegen die erste Welle wirksam?

Am 9.03., 16.03. und 23.03.2020 traten in Deutschland Maßnahmen gegen die Verbreitung des Virus in Kraft. Waren diese Maßnahmen die Ursache für die Verbesserung des R-Wertes?

Abbildung A2.1 zeigt die gute Übereinstimmung der *R-Werte* (Punkte) mit unserem DM-Modell (durchgezogenen Linie). Die Abbildung verdeutlicht, dass die Maßnahmen tatsächlich in einem zeitlichen Zusammenhang stehen. Nach der ersten Maßnahme, der Absage von Großveranstaltungen, hat sich der R-Wert von 3,2 auf 1,35 verbessert. Nach der zweiten Maßnahme, der Bund-Länder-Vereinbarung, auf 1,13 und schließlich auf 0,80. Maßnahmen im März konnten also die exponentielle Ausbreitung des Virus nachweisbar stoppen und eine Katastrophe verhindern. Details der Berechnung sind in [1] zu finden.

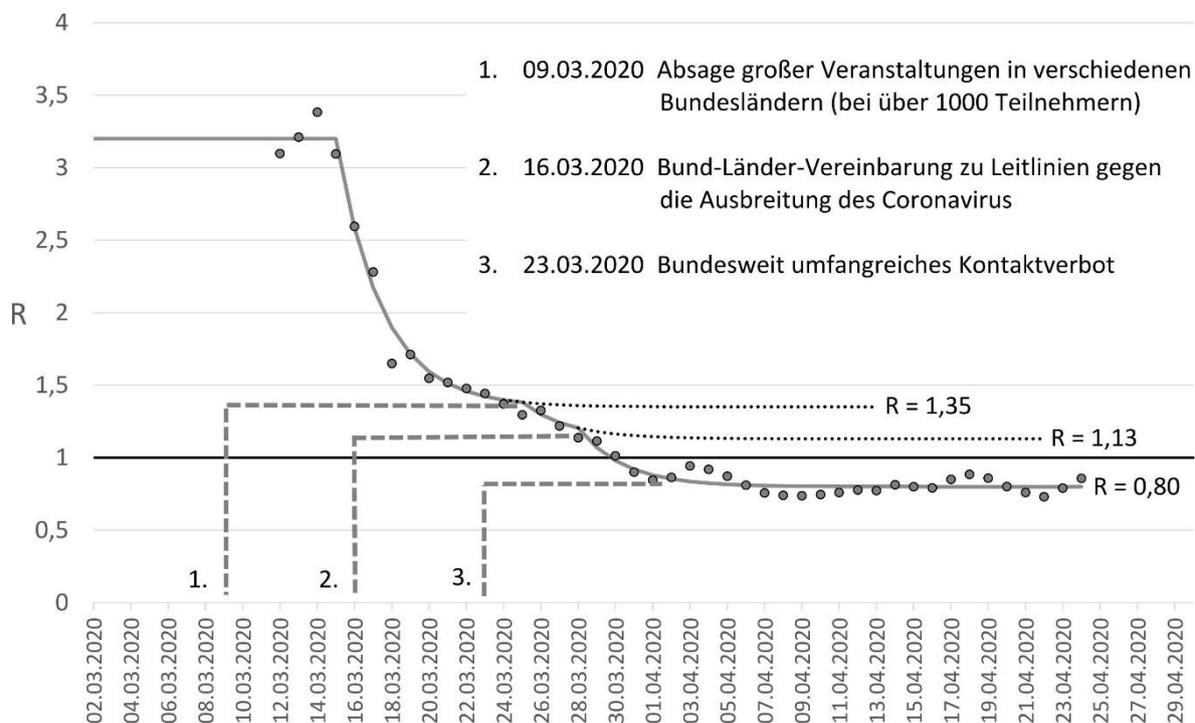


Abbildung A2.1. Analyse der Maßnahmen für Deutschland.

Reproduktionszahl  $R$  mit dem DM-Modell berechnet mit Daten aus [D1].

## Zusammenfassung

Im September und im Oktober 2020 ist die Anzahl der Neuinfizierten und die Anzahl der Tote exponentiell angestiegen. Der Teil-Lockdown am 2.11.2020 hat das exponentielle Wachstum der Neuinfiziertenzahlen Mitte November gestoppt. Unvorsichtige führten aber wieder zum Anstieg der Zahlen. Erst die Verschärfung am 16.12.2020 hat die Anzahl der Neuinfizierten bundesweit wieder reduziert.

Mit der angewendeten Methode lässt sich der Einfluss von Unvorsichtigen und die Wirksamkeit der eingeleiteten Maßnahmen berechnen. Außerdem können Prognosen erstellt und der Einfluss von Virusmutationen (siehe Artikel „Wie die Coronavirus-Mutationen den Verlauf der Pandemie in Deutschland und Hamburg beeinflussen“) berechnet werden.

## Literatur

[1] P. Möller, H. Drewes, Corona – Zahlen richtig verstehen, Dr. Köster, 2020

## Quellen der Daten

[D1] Für alle anderen Diagramme: Humanitarian Data Exchange  
<https://data.humdata.org/dataset/novel-coronavirus-2019-ncov-cases>

[D2] SARS-CoV2-Fallzahlen in Hamburg VND.OPENXMLFORMATS