

Dorn, Florian et al.

Article

Wenn Menschen (keine) Menschen treffen: Simulation der Auswirkungen von Politikmaßnahmen zur Eindämmung der zweiten Covid-19-Welle

ifo Schnelldienst Digital

Provided in Cooperation with:

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

Suggested Citation: Dorn, Florian et al. (2020) : Wenn Menschen (keine) Menschen treffen: Simulation der Auswirkungen von Politikmaßnahmen zur Eindämmung der zweiten Covid-19-Welle, ifo Schnelldienst Digital, ISSN 2700-8371, ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 1, Iss. 15, pp. 1-7

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/10419/229451>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

*Florian Dorn, Janos Gabler, Hans-Martin von Gaudecker, Andreas Peichl, Tobias Raabe
und Klara Röhrl*

Wenn Menschen (keine) Menschen treffen: Simulation der Auswirkungen von Politikmaßnahmen zur Eindämmung der zweiten Covid-19-Welle

Abgeschlossen am 24. November 2020

ifo Schnelldienst digital
ISSN 2700-8371

Herausgeber: ifo Institut, Poschingerstraße 5, 81679 München,
Telefon +49(89)9224-0, Telefax +49(89)985369, E-Mail: ifo@ifode.de

Redaktion: Dr. Marga Jennewein, Dr. Cornelia Geißler.

Redaktionskomitee: Prof. Dr. Dr. h.c. Clemens Fuest, Dr. Yvonne Giesing, Dr. Christa Hainz, Prof. Dr. Chang Woon Nam.

Vertrieb: ifo Institut

Erscheinungsweise: unregelmäßig

Nachdruck und sonstige Verbreitung (auch auszugsweise): Nur mit Quellenangabe und gegen Einsendung eines Belegexemplars. Kommerzielle Verwertung der Daten, auch über elektronische Medien, nur mit Genehmigung des ifo Instituts.

im Internet:
<http://www.ifo.de>

Florian Dorn*, Janos Gabler^{#,‡}, Hans-Martin von Gaudecker^{#,‡}, Andreas Peichl*,
Tobias Raabe und Klara Röhr[#]

Wenn Menschen (keine) Menschen treffen: Simulation der Auswirkungen von Politikmaßnahmen zur Eindämmung der zweiten Covid-19 Welle

Die erste Welle der Covid-19-Pandemie führte weltweit in vielen Ländern zu harten Lockdown-Maßnahmen und Kontaktbeschränkungen. Die Zahl der Infektionen konnte damit erfolgreich reduziert werden. Gleichzeitig waren jedoch die sozialen und wirtschaftlichen Kosten während der harten Lockdown-Maßnahmen enorm. Im Herbst und Winter überrollte eine zweite Infektionswelle viele Länder. Aufgrund der Erfahrungen aus der ersten Welle wird vielerorts zur Eindämmung der zweiten Welle zunächst eine differenziertere Politik der Kontaktbeschränkungen umgesetzt, um einen erneuten harten Lockdown zu vermeiden.

Deutschland hat im November einen »Lockdown-light« verhängt, um den Anstieg der zweiten Welle zu brechen: Viele Wirtschaftsbereiche im Bereich des sozialen Konsums sowie des Hotel- und Gaststättengewerbes wurden wieder weitgehend geschlossen, und bestimmte Freizeitaktivitäten sind verboten. Im Gegensatz zum harten Lockdown während der ersten Welle blieb der Einzelhandel jedoch weitgehend geöffnet. Ebenso wurden Schulen und Kindergärten bisher nicht geschlossen.

Die Entwicklung der Infektionszahlen im November deutet darauf hin, dass es durch den »Lockdown-light« in Deutschland tatsächlich gelungen ist, den (exponentiellen) Anstieg an Neuinfektionen aus dem Frühherbst zu brechen. Zum Zeitpunkt des Verfassens dieses Artikels scheint allerdings noch keine entscheidende Umkehr der Entwicklung einzutreten, so dass die Neuinfektionen deutlich sinken würden. Politische Entscheidungsträger und die Öffentlichkeit diskutieren daher, welche Strategie zur weiteren Eindämmung der zweiten Welle zu präferieren wäre. Während einige die Fortsetzung des eingeschlagenen Lockdown-light fordern, sehen andere die Zeit für Lockerungen. In der Diskussion steht aber auch die Überlegung, durch weitere Einschränkungen die Trendumkehr zu schaffen und mit sinkenden Neuinfektionszahlen bzw. einer konstanten Reproduktionszahl der Infektionen unter 1, die Epidemie noch bis Weihnachten wieder voll unter Kontrolle

* ifo Institut & LMU München.

Universität Bonn.

‡ IZA.

IN KÜRZE

Um die zweite Corona-Welle im Herbst zu brechen, hat Deutschland im November 2020 einen »Lockdown-light« verhängt. Dieser reichte noch nicht aus, um die von der Politik selbstgesetzten Voraussetzungen für eine Lockerung der Maßnahmen in Form eines Corona-Inzidenzwertes von unter 50 zu erfüllen. Die Politik muss nun abwägen, wie sie die Infektionen in den nächsten Wochen weiter zurückführen möchte, wenn sie den Lockdown nicht bis ins Frühjahr verlängern möchte. Mit Hilfe eines neu entwickelten mikrobasierten Modells simulieren wir die Wirkung verschiedener kontaktreduzierender Politikmaßnahmen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass eine Verlängerung des bisherigen Lockdown-light die Zahl der Neuinfektionszahlen in den nächsten Wochen nur sehr langsam reduzieren würde. Bis Weihnachten würde der Inzidenzwert deutschlandweit nicht unter 75 fallen. Um die Inzidenz über Kontaktbeschränkungen weiter zu reduzieren, diskutiert die Politik Optionen, die von verschiedenen Verschärfungen der Restriktionen in Bildungseinrichtungen oder im Einzelhandel bis hin zu weitgehenden Kontakt- und Ausgangsbeschränkungen reichen. Eine Option ist die Einführung von Wechselklassen bzw. digitalem Fernunterricht. Unsere Analysen zeigen, dass eine solche Einschränkung des Schulbetriebs ausreichen könnte, um bis Weihnachten den 7-Tageinzidenzwert von 50 zu unterschreiten. Allerdings drohen große Kosten im Bereich der Bildung für Schüler, an deren Schulen die notwendige digitale Infrastruktur und Konzepte für Homeschooling nicht vorhanden sind. Diese könnten Deutschland langfristig großen Schaden zufügen. Jedoch ist es auch bei regulärem Schulbetrieb möglich, die 7-Tagesinzidenz bis Weihnachten unter 50 zu drücken: Die Simulationen zeigen, dass die Schließung und Einschränkung weiterer Wirtschafts- und Geschäftstätigkeiten mit offenen Schulen dieselbe Wirkung hätte wie die zusätzliche Schließung von Schulen bei Fortführung des Lockdown-light. Wenn das Infektionsgeschehen also stärker reduziert werden soll, braucht es eine Abwägung, welcher Schaden wirtschaftlich und gesellschaftlich höher einzustufen ist: der langfristige durch die Einschränkung der Schulen oder der kurzfristige durch die Schließung weiterer Wirtschaftszweige.

zu bringen. Neben Schließungen von Schulen und Kindergärten sind auch die bereits früher umgesetzten Modelle von Klassenteilungen im Gespräch.¹ Auf dem Weg zu einem harten Lockdown wie im Frühjahr droht auch der Lockdown von »nicht-systemrelevanten« Geschäften im Einzelhandel und sozialem Dienstleistungsbereich.

Politische Entscheidungen mit derart harten Einschnitten und Konsequenzen für die Betroffenen sollten möglichst evidenzbasiert auf Basis von Informationen zur Wirkung der vorgeschlagenen Politikmaßnahmen beruhen. Eine valide Ex-ante-Projektion zur Wirkung von Politikmaßnahmen ist eine Herausforderung, da eine Vielzahl von Faktoren berücksichtigt werden muss. Etablierte epidemiologische Modelle sind nicht darauf ausgelegt, die Auswirkungen von Vorschriften vorherzusagen, die nur bestimmte Kontaktarten reduzieren. Diese Modelle müssen für jeden neuen Politikvorschlag erweitert werden. Wir nutzen für die Simulation der Politikmaßnahmen ein neu entwickeltes Modell von Gabler, Raabe und Röhl (2020). Das Modell wurde neu entwickelt, um die Auswirkungen kontaktreduzierender Maßnahmen in Echtzeit vorherzusagen. Es kombiniert Elemente von epidemiologischen SEIR-Modellen und agentenbasierten Simulationsmodellen.

Nach einer kurzen Einführung in das Modell simulieren wir in diesem Beitrag die Wirkung folgender Politikszenerarien auf den weiteren Verlauf des Infektionsgeschehens:

1. planmäßiges Ende des Lockdown-light zum 1. Dezember 2020,
2. Verlängerung des bisherigen Lockdown-light,
3. zusätzlich zu (2): Schließung von Schulen und Kitas,
4. zusätzlich zu (2): Klassensplitting (Wechselklassen) für alle Schülerinnen und Schüler oder nur in weiterführenden Schulen,
5. harter Lockdown wie im Frühjahr mit den drei Szenarien für Schulen aus (2)–(4).

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Lockerung der Maßnahmen (1) auf dem aktuellen Niveau schnell zu stark steigenden Infektionszahlen führen würde. Die Fortführung des Lockdown-light (2) würde hingegen zu leicht sinkenden Neuinfektionszahlen führen. Um unter den von der Politik angestrebten bundesweiten 7-Tagesinzidenz-Grenzwert von 50 Neuinfektionen pro 100 000 Einwohner zu kommen, müsste der Lockdown-light mehrere weitere Wochen fortgeführt werden. Verschärfungen des Lockdown-light durch weitere Maßnahmen würden zu schneller sinkenden Infektionszahlen und somit schnellerem Unterschreiten des Grenzwerts führen. Die zusätzliche Schließung von Schulen und Kindergärten (3) würde zu deutlich sinkenden Neuinfektionszahlen führen und

¹ Siehe z.B. <https://www.zeit.de/news/2020-11/16/halbie-rung-der-schulklassen-nrw-minister-stamp-ist-dagegen> (16. November 2020).

bis Weihnachten ungefähr zu einer 7-Tagesinzidenz von 50 Neuinfektionen pro 100 000 Einwohner führen. Interessanterweise würde allerdings bereits der Übergang zu wöchentlichen Wechselklassen für alle Schülerinnen und Schüler (4) eine nur geringfügig niedrigere Wirkung entfalten. Die Größenordnung ist vergleichbar mit derjenigen, die bei einem harten Lockdown mit geöffneten Schulen aufträte (5). Um allerdings die Fallzahlen bis Weihnachten deutlich unter den Grenzwert von 50 zu senken, wäre ein harter Lockdown wie im Frühjahr mit Schulschließungen oder Wechselklassen erforderlich.

In der aktuellen Situation scheint die Strategie der Fortführung eines leichten Lockdown mit zusätzlicher Einführung der Halbierung von Schulklassen (Wechselklassen mit zusätzlich digitalem Fernunterricht) eine interessante Strategie im Spannungsfeld unterschiedlicher Zielkonflikte – einerseits Kontrolle des Infektionsgeschehens, andererseits Minimierung der gesundheitlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Schäden (vgl. Dorn et al. 2020b; 2020c; Fuest et al. 2020) – darzustellen. Ob ergänzend weitere Einschränkungen wie im Frühjahr notwendig sind, hängt von der politischen Zielvorgabe für das Ausmaß des Infektionsgeschehens an Weihnachten ab und welche wirtschaftlichen wie gesellschaftlichen Auswirkungen hierfür in der Abwägung in Kauf genommen werden.

DAS MODELL VON GABLER, RAABE UND RÖHL

Hintergrund

Das Echtzeitmodell von Gabler, Raabe und Röhl (2020) baut auf Erweiterungen des epidemiologischen SEIR-Modells in Kombination mit agentenbasierter Simulationsmodelle auf.

Das traditionelle SEIR-Modell modelliert Gesellschaften nicht detailreich genug, um nuancierte Politikmaßnahmen abbilden zu können. Dies hat eine große Zahl von Forschern veranlasst, das Standardmodell zu erweitern, um mehr Heterogenität und Flexibilität zuzulassen (vgl. Avery et al. 2020). Grimm et al. (2020) oder Acemoglu et al. (2020), entwickeln beispielsweise Mehrgruppen-SEIR-Modelle, um die Auswirkungen gezielter Lockdowns zu analysieren. Berger et al. (2020) erweitern das SEIR-Modell, um Tests und bedingte Quarantänen zu analysieren. Andere nutzen Ergebnisse von SEIR-Modellen als Input für ökonomische Analysen, um die gesundheitlichen und wirtschaftlichen Kosten von Politikmaßnahmen zu schätzen (z.B. Dorn et al. 2020). Die Erweiterungen der SEIR-Modelle sind teils recht komplex, und es ist unwahrscheinlich, dass es ein SEIR-Modell geben wird, das alle vorgeschlagenen Erweiterungen kombiniert und die Echtzeitabschätzung der Effekte von Politikmaßnahmen erlaubt.²

² Darüber hinaus gehen die Erweiterungen nicht auf andere Schlüsselparameter des SEIR-Modells, die Basis-Re-

Eine weitere häufig verwendete Modellklasse in der Epidemiologie sind agentenbasierte Simulationsmodelle. In diesen Modellen werden Individuen als sich bewegende Partikel simuliert. Infektionen finden statt, wenn sich zwei Partikel näher als einen bestimmten Kontaktradius kommen (z.B. Silva et al. 2020; Cuevas 2020). Die Struktur dieser Modelle macht es jedoch schwierig, Heterogenität in den Begegnungsmustern abzubilden. Politikmaßnahmen werden als Änderungen des Kontaktradius oder der Bewegungsgesetze der Partikel modelliert. Die Übersetzung von realen Politiken in entsprechende Modellparameter ist schwierig.³

Modell

Gabler, Raabe und Röhl (2020) nutzen viele Ansätze von agentenbasierten Simulationsmodellen, ersetzen aber die Kontakte zwischen sich bewegenden Teilchen durch Kontakte zwischen Personen, die arbeiten, zur Schule gehen, in einem Haushalt leben und Freizeitaktivitäten ausüben. Zum Zeitpunkt der Abfassung dieses Berichts weist es die folgenden Merkmale auf:⁴

1. Im Mittelpunkt des Modells steht die Begegnung von Menschen mit Menschen auf der Grundlage eines Matching-Algorithmus. Das Modell unterscheidet verschiedene Arten von Kontakten, wie bspw. Haushalte, Freizeitaktivitäten, Schulen, Kindergärten und verschiedene Arten von Kontakten am Arbeitsplatz. Die Kontaktarten können zufällig oder wiederkehrend sein und variieren in ihrer Häufigkeit.
2. Politikmaßnahmen können im Modell so umgesetzt werden, dass Kontaktarten ganz oder teilweise abgeschaltet werden. Die Reduzierung von Kontakten kann zufällig oder systematisch erfolgen, z.B. um wichtige Arbeitskräfte zu berücksichtigen.
3. Die Infektionswahrscheinlichkeiten variieren je nach Kontaktart, sind aber bei den Politikmaßnahmen zur Kontaktreduzierung invariant.
4. Das mit der medizinischen Literatur und Kontaktzahlen aus früheren Erhebungen kalibrierte Modell erzielt mit wenigen frei geschätzten Ansteckungswahrscheinlichkeiten eine gute Übereinstimmung mit den deutschen Infektions- und Sterberaten.⁵

produktionszahl (R_0), ist nicht politikinvariant. Sie ist eine Zusammensetzung aus der Anzahl der Kontakte, die jede Person hat, und der Infektionswahrscheinlichkeit der Kontakte. Tatsächlich werden Politiksimulationen durchgeführt, indem R_0 auf einen anderen Wert gesetzt wird, aber es ist schwierig, eine reale Politik in den Wert von R_0 zu übersetzen, den sie induzieren wird.

³ Hinch et al. (2020) ist eine aktuelle Erweiterung des prototypischen agentenbasierten Simulationsmodells, das bewegte Partikel durch Kontaktnetzwerke für Haushalte, Arbeit und Zufallskontakte neu platziert. Dieses Modell ähnelt vom Geist her Gabler et al. (2020), konzentriert sich aber eher auf die Ermittlung von Kontakten als auf eine Politik der sozialen Distanzierung.

⁴ Das Modell nutzt einen weit entwickelten Python-Code, der unter <https://github.com/covid-19-impact-lab/sid> frei verfügbar und gut dokumentiert ist und laufend weiterentwickelt wird.

⁵ Die Parameter für die prognostizierten Kontaktzahlen wurden aus Kontakttagebüchern von über 2 000 Personen aus Deutschland,

Zu den Hintergrundmerkmalen jedes simulierten Individuums im Modell gehören Alter, Landkreis und Beruf. Kontaktmodelle sind Funktionen, die individuelle Merkmale auf eine vorhergesagte Anzahl von Kontakten abbilden.⁶ Diese Anzahl an Kontakten wird durch einen Matching-Algorithmus in Infektionen übersetzt. Es gibt verschiedene Matching-Algorithmen für wiederkehrende Kontakte (z.B. Klassenkameraden, Familienmitglieder) und nicht wiederkehrende Kontakte (z.B. Kunden, Kontakte in Supermärkten). Die Infektionswahrscheinlichkeit kann für jeden Kontakttyp unterschiedlich sein. Alle Arten von Kontakten können hinsichtlich geografischer und demografischer Merkmale assortativ sein, z.B. sind Arbeitskontakte häufiger mit Menschen aus dem gleichen Landkreis.⁷

Das Krankheitsmodell berücksichtigt asymptomatische Fälle, leichte Symptome und Symptome, die einen Krankenhausaufenthalt erfordern und Altersgradienten, bspw. in den Wahrscheinlichkeiten für schwere Krankheitsverläufe. Individuen können ihr Verhalten anpassen. Beispielsweise gehen Kinder mit Symptomen in unserem Modell meist nicht zur Schule.

Anwendung

Das Modell macht es sehr einfach, Politikmaßnahmen in Modellannahmen zu übertragen. Zum Beispiel bedeuten Schulschließungen die vollständige Aussetzung der Schulkontakte. Eine strikte Sperrung impliziert die Schließung der Arbeitskontakte aller Personen, die nicht in einem systemisch relevanten Sektor beschäftigt sind. Es ist auch möglich, komplexere Maßnahmen abzubilden, die die Anzahl der Kontakte von beobachtbaren Merkmalen, Risikokontakten oder Gesundheitszuständen abhängig machen.

ERGEBNISSE UND DISKUSSION DER WIRKUNG DER POLITIKMASSNAHMEN

Abbildungen 1 bis 3 zeigen die Vorhersagen des Simulationsmodells zu verschiedenen Politikmaßnahmen ab dem 23. November 2020.

Belgien, den Niederlanden und Luxemburg kalibriert (Mossong et al. 2008). Die medizinischen Parameter wurden anhand von Berichten des Robert Koch-Instituts sowie mehrerer publizierter Arbeiten (z.B. He et al. 2020) kalibriert. Um eine Überanpassung zu vermeiden und das numerische Optimierungsproblem zu vereinfachen, sind gegenwärtig im Modell nur vier verschiedene Ansteckungswahrscheinlichkeiten möglich: 1) für Kontakte in Schulen, Vorschulen und Kindergärten, 2) für Arbeitskontakte, 3) für Haushalte, 4) für Freizeitaktivitäten. Das Modell weist laut Validierungsanalysen (Gabler, Raabe und Röhl 2020) einen guten In-Sample- und Out-of-Sample-Fit auf. Insbesondere sagt das Modell den Effekt des Lockdown-light, der nicht die Schätzperiode des Modells fällt, hervorragend voraus.

⁶ Derzeit unterscheidet das Modell acht Arten von Kontakten (vgl. Gabler, Raabe und Röhl 2020).

⁷ Die Anzahl der Kontakte, die eine Person von jedem Kontakttyp hat, kann anhand öffentlich zugänglicher Daten kalibriert werden (Mossong et al. 2008). Dadurch können politikinvariante Infektionswahrscheinlichkeiten aus Zeitreihen von Infektions- und Todesraten mit der Methode der simulierten Momente geschätzt werden. Da die Infektionswahrscheinlichkeiten zeitinvariant sind, können Daten, die seit Beginn der Pandemie gesammelt wurden, zur Schätzung herangezogen werden. Da zu jedem Zeitpunkt die vorhandenen Teststrategien modelliert werden können, können im Modell die Schätzungen für die Tatsache korrigieren, dass nicht alle Infektionen beobachtet werden.

Ersatzloses Ende des Lockdown-light

Hinsichtlich einer möglichen Aufhebung der Einschränkungen sprechen die Simulationen eine deutliche Sprache (vgl. Abb. 1). Wenn der Lockdown-light ohne Ersatz wie geplant am 30. November 2020 endet, werden im Dezember die täglichen Neuinfektionen wieder steil ansteigen und nach wenigen Tagen diejenige Zahl der Neuinfektionen deutlich übersteigen, die zu Beginn des Lockdown im November in Deutschland gemeldet wurden. Die wirtschaftlichen Kosten des Lockdown-light wären somit versenkt, ohne dass sie nachhaltige Wirkung auf den Gesundheitsschutz entfaltet hätten. Das Gesundheitssystem hätte nur eine kurze Verschnaufpause erhalten und würde bis Weihnachten wohl an die Kapazitätsgrenzen gelangen. Eine Überforderung des Gesundheitssystems mit hohen gesundheitlichen Kosten sowie die sich daraus ergebende Notwendigkeit eines harten Lockdown mit massiven wirtschaftlichen Kosten könnte die unabwendbare Folge sein (vgl. Dorn et al. 2020d; Ragnitz 2020).

Fortsetzung des Lockdown-light

Abbildung 1 zeigt zudem den Verlauf der Infektionszahlen, wenn der gegenwärtige Lockdown-light in

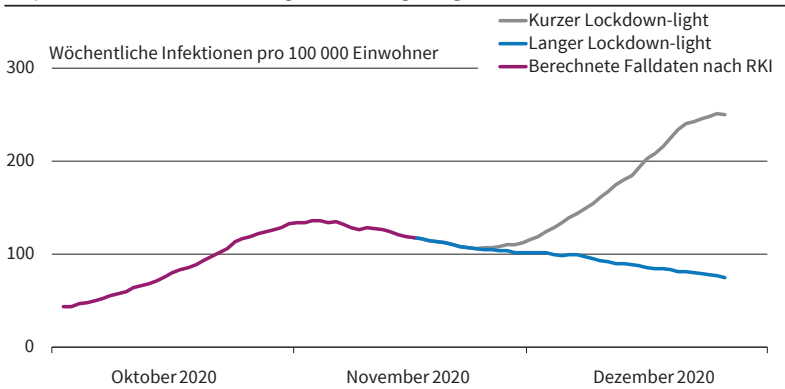
seiner bestehenden Form bis Weihnachten verlängert wird. Das Simulationsmodell sagt voraus, dass so die 7-Tage-Neuinfektionszahlen bis Weihnachten sukzessive auf knapp 75 pro 100 000 Einwohner zurückgehen würden. Es würde somit folglich der Grenzwert von 50 bis Weihnachten noch nicht unterschritten. Allerdings wäre zumindest gewährleistet, dass die Infektionszahlen bei weiterhin leichteren Einschränkungen sinken, das Gesundheitssystem entlastet wird und die wirtschaftlichen Kosten vergleichsweise überschaubar bleiben. Nach Berechnungen des ifo Instituts dürfte der Lockdown im November einen Ausfall der gesamtwirtschaftlichen Produktion von etwas mehr als 10 Mrd. Euro zur Folge haben.⁸ In dieser Größenordnung sind auch die versprochenen Hilfen der Bundesregierung für die betroffenen Branchen. Diese Kosten würden bei Fortführung des Lockdown-light weiter steigen. Ein harter Lockdown wie im Frühjahr würde jedoch weitaus höhere ökonomische Kosten verursachen (vgl. Dorn et al. 2020d).

Lockdown-light mit zusätzlicher Schließung von Schulen und Kitas

Schulen und Kindergärten/Kitas waren während des ersten Lockdowns im Frühjahr geschlossen und wurden anschließend in einer mehrwöchigen Phase schrittweise für immer mehr Schülerinnen und Schüler geöffnet. Zusätzliche Kontaktbeschränkungen bei Schulen und Kindergärten/Kitas wandern nun wieder in den Fokus der aktuellen Debatte möglicher weiterer Maßnahmen zur Eindämmung des Infektionsgeschehens.

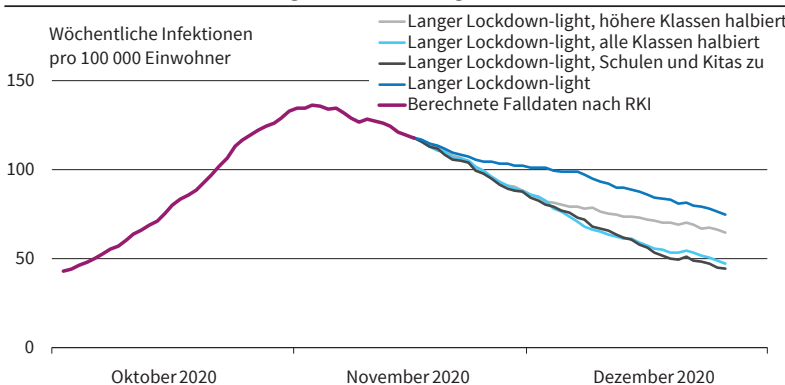
Abbildung 2 zeigt, dass mit der zusätzlichen Schließung der Schulen und Kindergärten/Kitas das Infektionsgeschehen zusätzlich reduziert werden könnte. Ein Inzidenzwert von 50 wäre bis Weihnachten im Bereich des Möglichen. Erfahrungen aus dem ersten Lockdown im Frühjahr zeigten jedoch, dass die vollständige Schließung der Schulen sowie Kindergärten/Kitas mit zahlreichen negativen Auswirkungen einherging: (i) Eltern mussten ihre eigene Arbeitstätigkeit einschränken, um die Kinder zu Hause zu betreuen und Homeschooling zu übernehmen. Dies hat sowohl negative wirtschaftliche Auswirkungen, kann aber auch zu höherem Stress bis hin zu erhöhter häuslicher Gewalt in den Familien führen (u.a. Amaral et al. 2020); (ii) viele Schulen und Lehrer waren im ersten Lockdown nicht darauf eingestellt, (qualitativen) Schulunterricht zu gewährleisten. Bildung bleibt dadurch auf der Strecke, und Bildungsungleichheiten verschärfen sich (vgl. Grewenig et al. 2020; Wößmann 2020); (iii) ausbleibendes Lernen führt zu geringeren Lebenschancen der betroffenen Kohorten und langfristig zu hohen volkswirtschaftlichen Kosten (vgl. Hanushek und Wößmann 2020; Wößmann 2020).

Abb. 1
Projizierter Effekt der Aufhebung oder Verlängerung der leichten Lockdown-Maßnahmen



Quelle: Robert Koch-Institut (RKI); Berechnungen der Autoren. © ifo Institut

Abb. 2
Schulszenarien bei Beibehaltung des Lockdown-light



Quelle: Robert Koch-Institut (RKI); Berechnungen der Autoren. © ifo Institut

⁸ ifo Institut: Neuer Lockdown setzt konjunktureller Erholung ein abruptes Ende. 30. Oktober 2020. <https://www.ifo.de/node/59169>

Lockdown-light mit zusätzlichem Klassensplitting (Wechselklassen)

In der Öffnungsphase des ersten Lockdown im Frühjahr wurden auch Erfahrungen mit Wechselklassen gemacht, d.h., Schulklassen und Kindergartengruppen wurden halbiert. Die halbierten, festen Schülergruppen wurden dabei im wöchentlichen Wechsel abwechselnd unterrichtet, die eine Hälfte jeweils analog im Klassenzimmer, die andere digital via Fernunterricht.

Es gibt drei Hauptkanäle, die diese Maßnahme der Kontaktreduzierung wirksam machen könnten: Erstens werden die Klassen kleiner, so dass jedes infizierte Kind weniger Klassenkameraden bzw. Kinder in derselben Gruppe im Kindergarten/Kita oder dem gemeinsamen Schulweg anstecken kann. Zweitens, bei Kindern, die sich in der zweiten Hälfte ihrer Schulwoche anstecken, fällt die gefährliche Phase (schon infektiös, aber noch symptomlos) auf das Wochenende bzw. die Woche, wo sie sowieso nicht zur Schule gehen (diesen Effekt gibt es nicht, wenn die Klassen täglich wechseln). Drittens, wenn ein Kind in der Schule oder auf dem Weg zur Schule infiziert wird, ist es wahrscheinlich, dass die Symptome in der freien Woche einsetzen und die Quarantänen wirksam vor einer weiteren Infektion anderer umgesetzt werden können. Diese Kanäle lassen sich in unserem Modell realistisch und mit geringem Aufwand modellieren. Eine einfache Halbierung der Übertragungsrates würde hingegen den zweiten und dritten Effekt nicht erfassen.

Um den Effekt der Halbierung von Schulklassen zu simulieren, haben wir im Modell einmal alle Schülerinnen und Schüler und einmal nur Schülerinnen und Schüler in weiterführenden Schulen in ein Wechselklassensystem geschickt. Folglich wechseln sich die beiden Schulgruppen wöchentlich im Präsenzunterricht ab, während die jeweils andere Schülergruppe durch digitalen Fernunterricht weiter von den Lehrerinnen und Lehrern betreut werden. In unserer Simulation bleiben die jüngeren Kinder jedoch im Präsenzunterricht bzw. in der Kindergarten- und Kita-Gruppe der Einrichtungen. Wir haben uns in der Simulation zunächst auf die älteren Schülergruppen konzentriert, da bei einem Alter von zehn Jahren und älter davon auszugehen ist, dass sie aufgrund einer höheren Selbstständigkeit sowohl am digitalen Fernunterricht besser teilnehmen können und gleichzeitig weniger Betreuung durch die eigenen Eltern benötigen. Es ist daher bei älteren Schülerinnen und Schülern anzunehmen, dass Eltern durch diese Politikmaßnahme weniger von ihrer eigenen Arbeitstätigkeit abgehalten würden.

Abbildung 2 zeigt die Simulationsergebnisse der sanften Lockdown-Strategie mit halbierten höheren Klassen. Die Simulation zeigt ein interessantes Ergebnis: Die Strategie der zusätzlichen Einführung halbielter Klassen und ein Teilunterricht über digitale Techniken hätte bis Weihnachten nahezu den gleichen Effekt auf die Reduzierung des Infektionsgeschehens wie die vollständige Schließung der Bildungs- und Be-

treuungseinrichtungen. Es darf jedoch erwartet werden, dass ein Klassensplitting höherer Klassen relativ gesehen geringere negative Auswirkungen auf Bildung und Wirtschaft haben als die vollständige Schließung der Einrichtungen.

Harter Lockdown mit unterschiedlichen Szenarien für Schulen

Als nächstes untersuchen wir, auf welches Niveau die Fallzahlen bis Weihnachten sanken, wenn es wieder zu einem harten Lockdown käme, d.h. einer Reduzierung des Wirtschaftsgeschehens auf systemrelevante Branchen und einer starken Reduzierung privater Kontakte wie vom 22. März bis 20. April 2020.

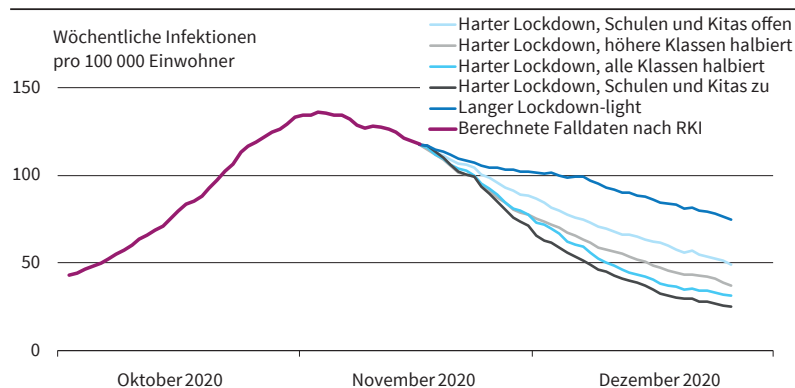
Die wesentlichen Unterschiede des leichten Lockdown wie im November und dem harten Lockdown vom Frühjahr sind, dass beim Lockdown-light ...

- Schulen, Vorschulen und Kindergärten geöffnet blieben,
- einige Geschäfte offenbleiben, die beim harten Lockdown als »nicht systemrelevant« eingestuft und daher geschlossen wurden,
- Freizeit- und andere Kontakte weniger stark reduziert wurden, zum Teil weil die Geschäfte geöffnet sind, zum Teil aufgrund einer Lockdown-Müdigkeit, die wir als eine schwächere Reduzierung der Freizeitkontakte modellieren.

Abbildung 3 zeigt, dass die Umsetzung eines kurzen harten Lockdown mit geschlossenen Schulen wie im Frühjahr das Infektionsgeschehen deutlich reduzieren würde. Ein harter Lockdown könnte bis Weihnachten den 7-Tagesinzidenzwert bis auf 25 pro 100 000 Einwohner reduzieren.

Ein harter Lockdown würde jedoch bedeuten, dass neben den bereits geschlossenen Wirtschaftsbereichen weitere »nicht-systemrelevante« Geschäfte mit sozialen Kontakten, vor allem im Einzelhandel und im sozialen Dienstleistungsbereich, ihre Geschäftstätigkeiten einstellen oder stark einschränken müssten. Die Erfahrungen des Frühjahrs zeigten, dass die Ein-

Abb. 3
Schulszenarien bei Rückkehr zu einem harten Lockdown



Quelle: Robert Koch-Institut (RKI); Berechnungen der Autoren.

© ifo Institut

stellung der Wirtschaftstätigkeit zu massiven volkswirtschaftlichen Kosten führte und hohe staatliche Finanzhilfen erforderte. Aufgrund des zusätzlichen drohenden Ausfalls des Weihnachtsgeschäfts wäre ein harter Lockdown mit hohen ökonomischen Folgen verbunden, selbst wenn er nur für wenige Wochen gilt. Es ist daher fraglich, ob ein derart harter Lockdown in der Vorweihnachtszeit im gemeinsamen Interesse von Gesundheit und Wirtschaft wäre (vgl. Dorn et al. 2020b; 2020c).

Ein harter Lockdown wie im Frühjahr würde zudem mit der Schließung von Schulen und Kindergärten/Kitas und den damit verbundenen negativen Auswirkungen einhergehen (vgl. vorherige Ausführungen). Wir haben daher auch die Auswirkung eines harten Lockdown simuliert, der zwar die harten Einschnitte und Schließung weiterer Branchen wie im Frühjahr vorsieht, aber dafür die Schulen und Kindergärten/Kitas im vollen Betrieb weiterlaufen lässt. Abbildung 3 zeigt, dass diese Strategie voraussichtlich den gleichen Effekt auf die Infektionszahlen hätte, wie die zuvor diskutierte Strategie eines leichten Lockdown mit zusätzlicher Schließung von Schulen und Kinderbetreuungseinrichtungen. Der wöchentliche Inzidenzwert pro 100 000 Einwohner könnte auch auf diese Weise bis Weihnachten auf etwa 50 reduziert werden. Aufgrund gleicher Eindämmungswirkung würde dies unweigerlich zu einer Debatte führen, welcher Schaden wirtschaftlich und gesellschaftlich höher einzustufen wäre: Schließung und Einschränkung weiterer Wirtschafts- und Geschäftstätigkeiten oder die Schließung von Bildungs- und Kinderbetreuungseinrichtungen. In unserem Modell zeigt sich wieder die Einführung von Wechselklassen als optimaler möglicher Mittelweg: Bei ähnlichen Infektionszahlen wie im Falle der kompletten Schließung von Einrichtungen fiele der gesamtgesellschaftliche Schaden deutlich geringer aus.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die Politik muss abwägen, mit welcher Strategie sie die Eindämmung der zweiten Welle in den nächsten Wochen fortführen möchte. Hierbei gilt es, die optimale Strategie aus bildungs-, gesundheits- und wirtschaftspolitischer Sicht zu finden. Mit Hilfe eines neu entwickelten Simulationsmodells zeigen wir, dass eine Verlängerung des bisherigen Lockdown-light die Zahl der Neuinfektionen in den nächsten Wochen nur sehr langsam reduzieren würde. Die zusätzliche Einführung von Wechselklassen (Klassensplitting) bzw. digitalem Fernunterricht könnte hingegen als zusätzliche Maßnahme ausreichen, um bis Weihnachten den 7-Tagesinzidenzwert von 50 zu unterschreiten. Hierbei gilt es jedoch bildungspolitische Kollateralschäden zu vermeiden. Wechselklassen können nur dann funktionieren, wenn die Kinder im Homeschooling von zu Hause auch virtuell am Unterricht teilnehmen können und die Zeit nicht anderweitig verbringen, z.B. durch

Videospiele. Auch sind nicht überall die notwendige Infrastruktur und/oder die Fähigkeiten vorhanden, um Homeschooling sinnvoll umzusetzen. Schnelle, massive und längst überfällige Investitionen in die digitale Schule scheinen daher bildungs-, gesundheits- und wirtschaftspolitisch die optimale und nachhaltige Strategie zu sein. Hier wurde leider der Sommer nicht genutzt, um die Schulen in der Fläche fit für die zweite Welle zu machen.

Darüber hinaus gilt es, alle Möglichkeiten der Nachverfolgung von Infektionsketten z.B. durch eine Erweiterung der Möglichkeiten der Corona-Warn-App zu nutzen. Auch sollten Massentests in Hochrisikoregionen und Verbesserungen in der Datenerhebung (z.B. regionale Vergleichbarkeiten etc.) genutzt werden, um das Virus mit modernen Technologien zu bekämpfen. Die Ausweitung dieser Möglichkeiten wäre vergleichsweise kosteneffizienter, wenn dadurch flächendeckende Lockdown-Maßnahmen vermieden werden können.

LITERATUR

- Acemoglu, D., V. Chernozhukov, I. Werning und M. D. Whinston (2020), »Optimale zielgerichtete Sperren in einem Multi-Gruppen-SIR-Modell«, Arbeitspapier 27102, Nationales Büro für Wirtschaftsforschung, verfügbar unter: <http://www.nber.org/papers/w27102>.
- Amaral, S., V. Endl-Geyer und H. Rainer (2020), »Familiäre Gewalt und die Covid-19-Pandemie: Ein Überblick über die erwarteten Auswirkungen und mögliche Auswege«, *ifo Schnelldienst* 73(7), 52–56.
- Avery, C., W. Bossert, A. Clark, G. Ellison und S. Fisher Ellison (2020), »An Economist's Guide to Epidemiology Models of Infectious Disease« (Leitfaden für Ökonomen zu epidemiologischen Modellen von Infektionskrankheiten), *Zeitschrift für Wirtschaftsperspektiven* 34(4), 79–104.
- Berger, D. W., K. F. Herkenhoff und S. Mongey (2020), »Ein SEIR-Infektionskrankheitsmodell mit Tests und bedingter Quarantäne«, Arbeitspapier 26901, Nationales Büro für Wirtschaftsforschung, verfügbar unter: <http://www.nber.org/papers/w26901>.
- Cuevas, E. (2020), »Ein agentenbasiertes Modell zur Bewertung der Übertragungsrisiken von COVID-19 in Einrichtungen«, *Computer in Biologie und Medizin* 121, S. 103827, verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2020.103827>.
- Dorn, F., C. Fuest, M. Göttert, C. Krolage, S. Lautenbacher, S. Link, A. Peichl, M. Reif, S. Sauer, M. Stöckli, K. Wohlrabe und T. Wollmershäuser (2020d), »Die volkswirtschaftlichen Kosten des Corona-Shutdown für Deutschland: Eine Szenarienrechnung«, *ifo Schnelldienst* 73(4), 29–35.
- Dorn, F., C. Fuest, D. Gstrein, A. Peichl und M. Stöckli (2020a), »Corona-Infektionen und die Dunkelziffer: Vergleichen wir Äpfel mit Birnen?«, *ifo Schnelldienst Digital* 1(12), 12. Oktober.
- Dorn, F., S. Khailaie, M. Stöckli, S. Binder, B. Lange, S. Lautenbacher, P. Vanella, T. Wollmershäuser, A. Peichl, C. Fuest und M. Meyer-Hermann (2020c), »The Common Interests of Health Protection and the Economy: Evidence from Scenario Calculations of COVID-19 Containment Policies«, *medRxiv*, verfügbar unter: <https://doi.org/10.1101/2020.08.14.20175224>.
- Dorn, F., S. Khailaie, M. Stöckli, S. Binder, B. Lange, P. Vanella, T. Wollmershäuser, A. Peichl, C. Fuest und M. Meyer-Hermann (2020b), »Das gemeinsame Interesse von Gesundheit und Wirtschaft: Eine Szenarienrechnung zur Eindämmung der Corona-Pandemie«, *ifo Schnelldienst Digital* 1(6), 13. Mai.
- Fuest, C., M. J. Lohse, A. Abele-Brehm, H. Dreier, V. Grimme, H. G. Kräusslich, G. Krause, M. Leonhard, A. W. Lohse, T. Mansky, A. Peichl, R. M. Schmid, G. Wess und C. Wöppen (2020), »Die Bekämpfung der Coronavirus-Pandemie tragfähig gestalten. Empfehlungen für eine flexible, risikoadaptierte Strategie«. *Manuskript*, verfügbar unter: <https://www.ifo.de/DocDL/Coronavirus-Pandemie-Strategie-Fuest-Lohse-et-al-2020-04.pdf>.
- Gabler, J., T. Raabe und K. Röhl (2020), »People Meet People – A Microlevel Approach to Predicting the Effect of Policies on the Spread of Covid-19«, Working Paper.

Grewenig, E., P. Lorgetporer, K. Werner, L. Woessmann und L. Zierow (2020), »Covid-19 and Educational Inequality: How School Closures Affect Low- and High-Achieving Students«, CESifo Working Paper No. 8648.

Grimm, V., F. Mengel und M. Schmidt (2020), »Erweiterungen des SEIR-Modells für die Analyse maßgeschneiderter sozialer Distanzierungs- und Rückverfolgungsansätze zur Zusammenarbeit mit COVID-19«, *medRxiv*, verfügbar unter: DOI: 10.1101/2020.04.24.20078113. reprint: <https://www.medrxiv.org/Inhalt/früh/2020/04/29/2020.04.24.20078113>. vollständig.

Hanushek, E. A. und L. Wößmann (2020), »The Economic Impacts of Learning Losses«, OECD Education Working Papers No. 225.

He, X., E. H. Lau, P. Wu, X. Deng, J. Wang, X. Hao, Y. Chung Lau, J. Y Wong, Y. Guan, X. Tan et al. (2020), »Zeitliche Dynamik bei der Virusabgabe und Übertragbarkeit von COVID-19«, *Naturmedizin* 26(5), 672–675.

Hinch, R. et al. (2020), »OpenABM-Covid19 – ein agentenbasiertes Modell für nicht-pharmazeutische Interventionen gegen COVID-19 einschließlich Kontaktverfolgung«, verfügbar unter: DOI: 10.1101/2020.09.16.20195925.

Mossong, J., N. Hens, M. Jit, P. Beutels, K. Auranen, R. Mikolajczyk, M. Massari, S. Salmaso, G. Scalia Tomba, J. Wallinga et al. (2008), »Soziale Kontakte und Vermischungsmuster, die für die Ausbreitung von Infektionskrankheiten relevant sind«, *PLoS-Medizin* 5(3).

Ragnitz, J. (2020), »Langfristige wirtschaftliche Auswirkungen der Corona-Pandemie«, *ifo Schnelldienst* 73(11), 25–30.

Silva, P. C. L., P. V. C. Batista, H. S. Lima, M. A. Alves, F. G. Guimarães und R. C.P. Silva (2020), »COVID-ABS: Ein agentenbasiertes Modell von COVID-19 epidemic zur Simulation der gesundheitlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen von sozial distanzierenden Interventionen«, *Chaos, Solitonen & Fraktale* 139, S. 110088, verfügbar unter: <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110088>.

Wößmann, L. (2020), »Folgekosten ausbleibenden Lernens: Was wir über die Corona-bedingten Schulschließungen aus der Forschung lernen können«, *ifo Schnelldienst* 73(6), 38–44.

Wößmann, L., V. Freundl, E. Grewening, P. Lorgetporer, K. Werner, und L. Zierow (2020), »Bildung in der Coronakrise: Wie haben die Schulkinder die Zeit der Schulschließungen verbracht, und welche Bildungsmaßnahmen befürworten die Deutschen?«, *ifo Schnelldienst* 73(9), 24–39.