

Kurzzusammenfassung

“Robust and optimal predictive control of the COVID-19 outbreak”

(Preprint: <https://arxiv.org/abs/2005.03580>)

In dem gerade veröffentlichten Aufsatz wird die Covid-19 Epidemie in Deutschland unter der Anwendung von regelungstechnischen Methoden analysiert und Strategien für die Anordnung von Maßnahmen entwickelt, um einerseits die Todesfälle in Verbindung mit Covid-19 zu minimieren und andererseits gleichzeitig auch die resultierenden sozialen und ökonomischen Kosten gering zu halten. Diese Strategien geben Auskunft darüber, wann Kontaktbeschränkungen zu welchem Maß notwendig sind. Dabei werden mehrere Ansätze verfolgt:

- (Reaktive) Strategien, die zurzeit von der Regierung erwogen werden und von Forschungsinstitutionen befürwortet werden.
- Optimale Steuerungsstrategien (ohne Feedback) basierend auf Modellprädiktionen der Ausbreitung von Covid-19.
- Regelungsstrategien (mit Feedback) basierend auf wiederholt berechneten und angewandten optimalen Steuerungsstrategien, die sich an aktuelle Schätzungen der Fallzahlen und Modellprädiktionen anpassen (Modellprädiktive Regelung).
- Robuste Regelungsstrategien, welche zusätzlich die Unsicherheit in den Schätzungen der Fallzahlen und im Modell in der Prädiktion berücksichtigen (robuste Modellprädiktive Regelung).

Die Ergebnisse der systemtheoretischen Analyse unterstützen die Aussagen, dass eine kontrollierte Durchseuchung (Erreichung von Herdenimmunität, ohne die Kapazität des Gesundheitssystems zu überlasten) sich über Jahre hinziehen würde und eine Eradikation des Virus monatelanger starker Maßnahmen bedarf, die über Ländergrenzen hinweg koordiniert werden müssten.

Derzeit plant die Politik eine schrittweise Lockerung der infektionsschützenden Maßnahmen unter bestimmten Voraussetzungen, was sich in unserem Modell durch erhöhte Infektionsraten ausdrückt. Als Alternative berechnen wir den optimalen Verlauf für die Lockerung bzw. Verschärfung der infektionsschützenden Maßnahmen. Mit der resultierenden optimierten Strategie lässt sich die Todeszahl halbieren, obwohl keine strengeren Maßnahmen notwendig sind und auch keine erhöhten Kosten für die Öffentlichkeit und die Wirtschaft im Gegenzug entstehen.

Aufgrund von Modellungenauigkeiten ist es allerdings von größter Wichtigkeit, dass jede Strategie für die Eindämmung des Virus sich auf der Basis aktueller Fallzahlen anpasst. Um die Tragweite einer solchen Rückführung von gemessenen oder geschätzten Daten (also Regelung) zu verdeutlichen, wird die optimierte Strategie ohne Rückführung und eine optimierte Strategie mit Rückführung (‘Modellprädiktive Regelung (MPC)’) auf ein Modell angewendet, welches von dem ursprünglich angenommenen Modell abweicht. Durch das in der Strategie implementierte Feedback, d.h. der Adaption der Maßnahmen an die aktuellen Fallzahlen, kann die Ausbreitung des Virus auch im veränderten Modell gut kontrolliert werden. Im Gegensatz hierzu führt eine optimierte Strategie ohne Rückführung dazu, dass die Situation außer Kontrolle gerät und eine hohe Anzahl an Todesopfern resultiert.

Sowohl Unsicherheiten im Modell als auch Unsicherheiten in den gemessenen und geschätzten Fallzahlen können im Entwurf der Regelungsstrategie berücksichtigt werden, indem nicht nur ein Modell, sondern mehrere mögliche Modelle zur Prädiktion verwendet werden (‘Robuste Modellprädiktive Regelung’). Damit ergeben sich bessere Ergebnisse unter Unsicherheiten und die Regelung kann verhindern, dass zeitweise wieder eine Verschärfung der Maßnahmen durch stark steigende Fallzahlen notwendig wird. Eine quantitative Betrachtung der Strategie des robusten Reglers untermauert eine schrittweise Öffnung, bei der initial die Maßnahmen nur langsam gelockert werden, was sich auf lange Sicht auszahlt.

Autorinnen und Autoren: Johannes Köhler, Lukas Schwenkel, Anne Koch, Julian Berberich, Patricia Pauli, Frank Allgöwer (alle: Institut für Systemtheorie und Regelungstechnik der Universität Stuttgart)

Kontakt: frank.allgower@ist.uni-stuttgart.de; +49-711-68567733; <https://ist.uni-stuttgart.de>