

Wann Schutzmaßnahmen bei Pandemien sinnvoll sind

Im Falle einer Pandemie ist jede Gesellschaft mit der Frage konfrontiert: Wie lässt sich die Ausbreitung einer Infektionskrankheit wirksam eindämmen, ohne den Alltag stärker als nötig einzuschränken? Maßnahmen wie Maskenpflicht oder Kontaktbeschränkungen können die Ausbreitung von Krankheiten verringern, verursachen jedoch gesellschaftliche, wirtschaftliche, und psychologische Kosten.

Optimale Eindämmungsmaßnahmen zeigen einen klaren Schwellenwert in Abhängigkeit der Krankheitsschwere

- Kostenabwägung: Optimale Regulierung erfordert Abwägen zwischen den gesellschaftlichen Kosten von Schutzmaßnahmen und von Infektionen
- Schwellenstruktur: Milde Krankheiten benötigen keine generelle Eindämmung, schwerwiegende Krankheiten erfordern Gegenmaßnahmen. Überraschenderweise ist der Übergang nicht fließend, sondern erfolgt in einer abrupten Stufe.
- Anpassung: Wenn sich äußere Bedingungen saisonal oder durch Impfungen ändern, berechnet das Modell, wie Maßnahmen dynamisch optimal angepasst werden können.

Optimierung der Gegenmaßnahmen

Forschende der Gruppe Theorie komplexer Systeme am Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation (MPI-DS) entwickelten ein Modell zur Optimierung solcher Gegenmaßnahmen unter Beachtung der Eindämmungskosten. Mithilfe numerischer Verfahren berechnet es die optimale Stärke des Eingreifens anhand der Eigenschaften und des Schweregrads einer Krankheit. Ziel der Studie war es nicht, Aussagen über einzelne Krankheiten zu treffen oder einzelne Maßnahmen vorzuschlagen, sondern allgemeine Prinzipien der optimalen Pandemiekontrolle herauszuarbeiten. Das flexible Optimierungsmodell kann auch mit unterschiedlichen Krankheitsmodellen kombiniert werden: „Hierdurch hoffen wir, einen Beitrag für die Vorbereitung auf mögliche zukünftige Infektionsausbrüche zu leisten“, erklärt Laura Müller, Erstautorin der Studie.

Abrupter Übergang bei optimaler Stärke der Eindämmung

Die Forschungsgruppe untersuchte allgemeine Muster optimaler Infektionskontrolle und verwendete dazu ein klassisches mathematisches Modell, in dem Personen entweder anfällig, infiziert oder nach einer Genesung vorübergehend immun sind. „Überraschenderweise zeigt sich sehr klar, dass optimale Maßnahmen einer Schwellenstruktur folgen“, erklärt Viola Priesemann, Professorin und Gruppenleiterin am MPI-DS. „Für milde Krankheiten ist es in dem Modell optimal, keine Eindämmung zu verordnen. Ab einer gewissen Krankheitsschwere ist jedoch ein deutliches Maß an Eindämmung optimal.“

Welche Kombination von Maßnahmen gewählt wird, ist eine gesellschaftliche und politische Frage und hängt von den Eigenschaften der Krankheit ab. „Sehr überraschend ist, dass der Übergang in dem idealisierten Modell absolut abrupt erfolgt.“, betont Priesemann weiter. Maßnahmen, die einen Kompromiss zwischen optimalem Eingreifen und gar keiner Kontrolle darstellen, verursachen so

letztendlich höhere Gesamtkosten: Entweder sind sie umfassender als notwendig oder sie reichen nicht aus, um die Infektionsausbreitung wirksam einzudämmen.

Jahreszeiten und Impfungen beeinflussen das Infektionsgeschehen

Die Forschenden untersuchten außerdem den Einfluss schwankender Ansteckungsraten im Jahresverlauf. Dabei zeigte sich, dass die optimale Eindämmung im Winter im Gleichschritt mit der höheren Infektionswahrscheinlichkeit zunehmen muss. Mit einer solchen optimierten Eindämmung von Infektionskrankheiten wie Influenza gäbe es statt der typischen Infektionswellen in Winterhalbjahr maximal eine kleine Infektionswelle im Frühjahr. Mathematisch lässt sich berechnen, dass diese kleine Welle genau 3 Monate nach dem Peak der Saisonalität auftritt.

Das neue Optimierungs-Framework erlaubt auch, das Lockern von Maßnahmen bei Impfkampagnen optimal und dynamisch zu bestimmen. Zudem kann berechnet werden, welche Kosten bei zu spät ergriffenen Maßnahmen entstehen: Aufgrund des exponentiellen Wachstums zu Beginn einer Pandemie führen bereits geringe Verzögerungen beim Start der Maßnahmen zu deutlich höheren Infektionszahlen. Bei schweren Krankheiten verursacht dies erhebliche zusätzliche Kosten, bei leichten hingegen nicht.

Die Studie basiert auf einem vereinfachten mathematischen Modell und kann daher keine direkten Aussagen über einzelne Krankheiten oder konkrete Pandemiesituationen treffen. Sie hat jedoch ein neuartiges, grundlegendes Prinzip optimaler Infektionskontrolle identifiziert: Einen klaren Schwellenwert, der Auftritt, wenn man die Eindämmungskosten sehr generell mit einberechnet. Solche Prinzipien geben Orientierung, wenn Gesellschaft und Politik Strategien entwickeln müssen, selbst wenn genaue Details der Krankheitsausbreitung noch nicht bekannt sind. Die Ergebnisse können somit helfen, zukünftige Entscheidungen wissenschaftlich besser zu fundieren. Welche Maßnahmen letztlich umgesetzt werden, bleibt jedoch eine gesellschaftliche und politische Entscheidung.

Originalpublikation:

<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2527395123>

Weitere Informationen:

https://www.ds.mpg.de/4135491/260805_pandemic_measures?c=148849