

Wirtschaftswissenschaftliche Schriften

Epirus: Ein Modell zur Verbreitung von Infektionskrankheiten auf Basis des sozialen Graphen

Thomas Wöhner

Michael Scholz

Heft 01 / 2020

Fachbereich Betriebswirtschaft

**Schriftenreihe: Wirtschaftswissenschaftliche Schriften,
Jahrgang 2020, Heft 1**

Reihe: Business Information Systems

Herausgeber: Prof. Dr. Thomas Wöhner

Autoren: Thomas Wöhner, Michael Scholz

ISSN 1868-1697
ISBN 3-939046-60-4

Redaktion:
Thomas Sauer, Matthias-W. Stoetzer

Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich Betriebswirtschaft
Carl-Zeiss-Promenade 2
D-07745 Jena
Tel.: 03641-205-550
Fax: 03641-205-551

Erscheinungsort: Jena

Die vorliegende Publikation wurde mit größter Sorgfalt erstellt, Verfasser und Herausgeber können für den Inhalt jedoch keine Gewähr übernehmen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung und Einspeicherung in elektronische Systeme des gesamten Werkes oder Teilen daraus bedarf – auch für Unterrichtszwecke – der vorherigen Zustimmung der Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich Betriebswirtschaft und des Autors.

Printed in Germany

Abstract

Im Zuge der Corona-Pandemie im Jahr 2020 stellt sich die Frage, wie sich die Verbreitung von Infektionskrankheiten unter Anwendung von Infektionsschutzmaßnahmen prognostizieren lässt. Das in der Epidemiologie weit verbreitete SIR-Modell liefert darauf nur bedingt eine Antwort, da die Struktur und die Anzahl der sozialen Kontakte nicht direkt in das Modell eingehen. Im Rahmen dieses Beitrags wird daher das Epirus-Modell vorgestellt, das auf dem Modell von Wöhner et al. (2020) zur Untersuchung der ökonomischen Auswirkungen des viralen Marketings basiert. Durch das Epirus-Modell lassen sich die Wirksamkeit von Infektionsschutzmaßnahmen wie räumliche und soziale Distanzierung, Impfschutz und Quarantänemaßnahmen untersuchen. Das Modell erfüllt eine Prognosefunktion und kann daher Unterstützung bei der Material- und Personalplanung beispielsweise in medizinischen Einrichtungen bieten.

Schlagwörter: Epidemie, Corona, Covid19, Social Distancing, Soziale Kontakte, Social Graph

Epirus: Ein Modell zur Verbreitung von Infektionskrankheiten auf Basis des Sozialen Graphen

Einleitung

Die Corona-Pandemie im Jahr 2020 wirft die Frage auf, wie sich die Verbreitung von Infektionskrankheiten unter dem Einfluss von Infektionsschutzmaßnahmen wie Ausgangssperren o.ä. prognostizieren lässt. Ein zentrales Modell in der Epidemiologie ist das SIR-Modell (**S**usceptible-**I**nfected-**R**emoved-Model) (Kermack und McKendrick 1927, Britton 2003). Hierbei leitet sich die Verbreitung einer infektiösen Krankheit insbesondere aus der Infektionsrate ab. Gerade im Rahmen der Corona-Pandemie sind Maßnahmen wie Kontaktverbote, Ausgangssperren sowie Verbote von Versammlungen und Großveranstaltungen Gegenstand der Diskussion. Das SIR-Modell erlaubt es jedoch nur bedingt, die Wirkung solcher Maßnahmen zur räumlichen bzw. sozialen Distanzierung (Social Distancing) zu beurteilen, da die Struktur und Anzahl der sozialen Kontakte nicht direkt als Parameter in das Modell eingeht.

Epidemische Modelle werden neben der Untersuchung von Infektionskrankheiten auch in anderen Wissensdomänen eingesetzt. So finden epidemische Modelle zur Erklärung der Verbreitung von Nachrichten in Online Social Networks oder in Untersuchungen zum viralen Marketing Anwendung. Hierbei werden Modelle genutzt, die auf der Struktur des Sozialen Netzwerks aufbauen und den Einfluss von Charakteristiken des Sozialen Graphen auf die Verbreitung von Informationen analysieren. Solche Modelle bieten damit einen Ansatz, um den Einfluss der sozialen Kontakte auf den Ausbreitungsprozess von Infektionskrankheiten zu untersuchen. Regulatorische Maßnahmen zur Reduzierung der sozialen Kontakte können so evaluiert werden.

Im vorliegenden Beitrag wird unter der Bezeichnung Epirus-Modell das für virale Marketing-Kampagnen angedachte Modell von Wöhner et al. (2020) auf den Anwendungsfall von Infektionskrankheiten übertragen. Ziel des Beitrags ist es, die Möglichkeiten des Modells aufzuzeigen und Stärken gegenüber dem SIR-Modell herauszuarbeiten. Dabei werden anhand von drei exemplarischen Szenarien der Nutzen des Modells dargestellt. Die im Rahmen des Beitrags präsentierten Auswertungen zielen ausdrücklich nicht darauf ab, den Verlauf einer konkreten Infektionskrankheit zu prognostizieren. Die Parametrisierung des Modells erfolgt lediglich mit dem Ziel, die Anwendbarkeit des Modells zu demonstrieren.

Der weitere Beitrag ist wie folgt aufgebaut: Im nachfolgenden Kapitel wird zunächst das Modell vorgestellt. Darauf aufbauend werden drei Beispielszenarien anhand des Epirus-Modells untersucht:

- Unregulierter Verlauf einer Epidemie
- Epidemieverlauf mit regulatorischen Maßnahmen
- Tatsächlicher Verlauf einer Epidemie beim Vorliegen von Testineffizienzen

Modellbeschreibung

Das Epirus-Modell orientiert sich an den Annahmen des klassischen SIR-Modells, d.h. die Grundgesamtheit von N Individuen teilt sich in die Teilmengen

- S – *Susceptible*: Individuen, die gesund und nicht immun sind
- I – *Infected*: infizierte Individuen, die ansteckend sind
- R – *Removed*: gesundete und damit immune sowie verstorbene Individuen

auf. Die Variablen S_N , I_N , und R_N beschreiben jeweils die Anzahl an Individuen in den jeweiligen Teilmengen.

Im Unterschied zum SIR-Modell ist der Infektionsprozess rundenbasiert modelliert. Ausgehend von einer Menge an initial infizierten Individuen $I_N(0)$ innerhalb der Grundgesamtheit, werden in der ersten Runde $r=0$ die sozialen Kontakte der Infizierten mit einer Infektionswahrscheinlichkeit p_i angesteckt. Dabei bezeichnet die Variable SK die durchschnittliche Anzahl der sozialen Kontakte eines infizierten Individuums während der infektiösen Phase. In darauffolgenden Runden werden jeweils die in der vorherigen Runde infizierten Individuen der Teilmenge R (immunisierte bzw. gestorben) zugeordnet.

$$R_n(r) = R_N(r-1) + I_N(r-1)$$

Formel 1: immunisierte bzw. verstorbene Individuen

Die Anzahl der neuinfizierten Individuen $I(r)$ lässt sich wie in Formel 2 dargestellt berechnen.

$$I(r) = 1 - \left(1 - \frac{p_i SK}{N-1}\right)^{I_N(r-1) (1-p_q)} \left(N(1-p_{IM}) - \sum_{i=0}^{i=r} I_N(i)\right)$$

Formel 2: neuinfizierte Individuen

Die Rate p_q beschreibt den Anteil an infizierten Individuen die in Quarantäne gesetzt sind und damit keine Ansteckung ermöglichen. Der Anteil an gesunden Individuen die beispielsweise durch Impfschutz immun sind, wird durch die Variable p_{IM} erfasst. Die mathematische Herleitung der Berechnungsvorschrift ist in Wöhner et al. (2020) zu finden.

Die Formel berücksichtigt, dass im fortlaufenden Infektionsprozess die Wahrscheinlichkeit von Neuinfektionen rückläufig ist, da der Anteil der immunen Individuen zunimmt. Die Anzahl an neuinfizierten Individuen in einer Runde reduziert die Anzahl an verbleibenden gesunden Individuen ohne Immunität.

$$S_n(r) = S_N(r-1) - I_N(r)$$

Formel 3: gesunde und nicht-immune Individuen

Der Infektionsprozess setzt sich solange fort, bis in einer Runde keine Neuinfektionen zustande kommen ($I_N(r_{fin}) = 0$). Dies stellt sich nach einer bestimmten Rundenzahl ein, da die Neuinfizierten nur in sozialen Kontakt mit bereits infizierten und damit immunen Individuen stehen.

Die Anzahl der insgesamt von der Infektion betroffenen Individuen ergibt sich aus der Summe aller Neuinfizierten in den vorherigen Runden.

$$I_{gesamt} = \sum_{i=0}^{i=r_{fin}} I_N(i) = N - S(r_{fin})$$

Formel 4: Gesamtanzahl an Individuen die infiziert wurden

Das Modell eignet sich in der vorgestellten Form nur bedingt für die exakte Prognose des Zeitverlaufs einer Epidemie. Eine Runde lässt sich entsprechend der Modellierung als Stufe in der Infektionskette verstehen, d.h. über wie viele andere Individuen ausgehend von den initial infizierten Individuen ein neuinfiziertes Individuum angesteckt wurde. In der Praxis sind zu einem gegebenen Zeitpunkt die Infektionsketten der neu infizierten Individuen jedoch unterschiedlich lang. Ziel des Epirus-Modells ist nicht die Prognose der Ausbreitung im exakten Zeitverlauf, sondern die Untersuchung des Einflusses des Sozialen Graphen auf die Durchdringung der Grundgesamtheit. Eine Anpassung des Modells, so dass die Runden als Zeiteinheit zu interpretieren sind, ist einfach möglich.

Eine Implementierung des Epirus-Modells als interaktive Webapplikation kann unter <https://tcg-shiny.th-deg.de/epirus/> genutzt werden.

Beispielszenarien

Szenario 1: Infektionsverlauf ohne Regulierung

Ausgehend von einer Grundgesamtheit von *80 Millionen*, einer durchschnittlichen Anzahl sozialer Kontakte eines Infizierten von *150* und einer Infektionswahrscheinlichkeit p_i von *0,02* (d.h. im Durchschnitt drei potentielle Ansteckungen pro infiziertes Individuum) ergibt sich der in Abbildung 1 dargestellte Verlauf.

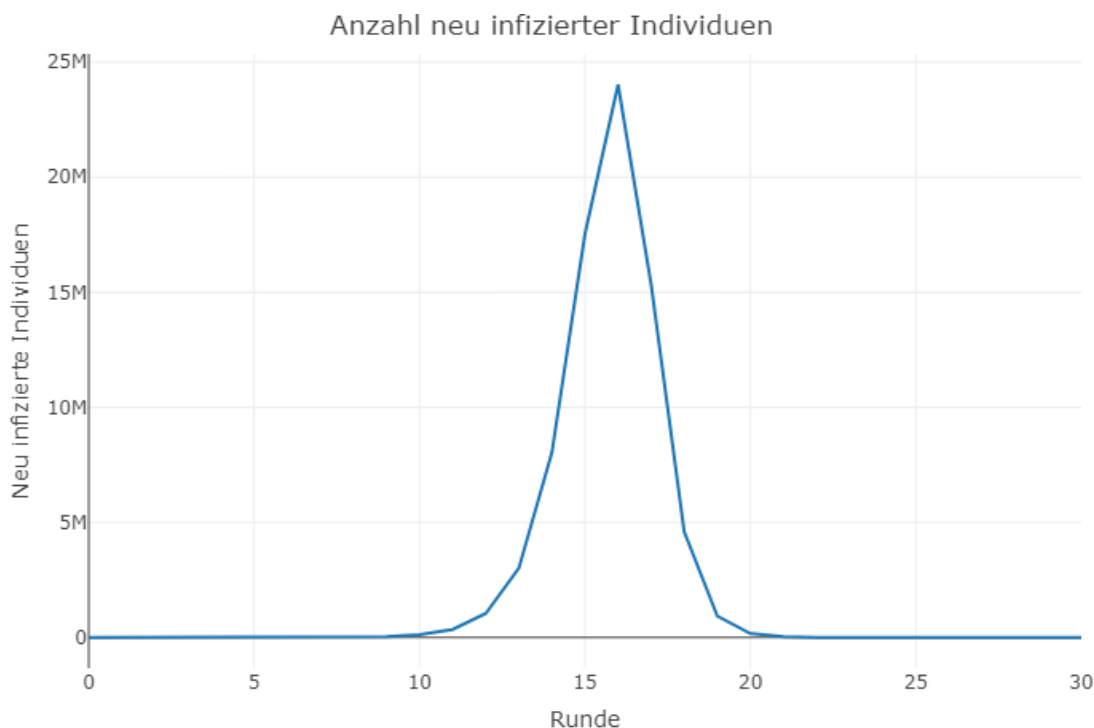


Abbildung 1: Anzahl neu infizierter Individuen ohne Regulierung

Eine Stärke des Modells ist es, dass sich die Anzahl der durch die Infektion insgesamt betroffenen Individuen bestimmen lässt. Bei der gegebenen Parametrisierung wurden 75,24 Mio. Individuen und dementsprechend etwa 94% der Gesamtpopulation angesteckt. Rund 5 Mio. Individuen waren somit auch am Ende der Epidemie nicht von der Infektion betroffen. Das Modell gibt ebenfalls Auskunft über den Verlauf des Infektionsprozesses. In der 16. Infektionsrunde werden mit 24 Mio. Neuinfizierten die meisten Individuen angesteckt. Die Epidemie endet nach 27 Runden.

Szenario 2: Infektionsverlauf mit Regulierung

Im Zuge der Corona-Pandemie im Jahr 2020 wurden durch die Regierungen Maßnahmen erlassen, die auf eine räumliche und soziale Distanzierung (Social Distancing) abzielen, d.h. auf eine Reduzierung der sozialen Kontakte. Abbildung 2.1 und Abbildung 2.2 untersuchen den Einfluss einer solchen Maßnahme auf den Verlauf einer Epidemie.

In den ersten 10 Runden wurde das Modell wie in Szenario 1 parametrisiert. Ab der Runde 11 wird eine regulatorische Maßnahme modelliert, durch die die durchschnittliche Anzahl an sozialen Kontakten von 150 auf 50 reduziert wird. Ab der Runde 21 wird die Schutzmaßnahme aufgehoben.

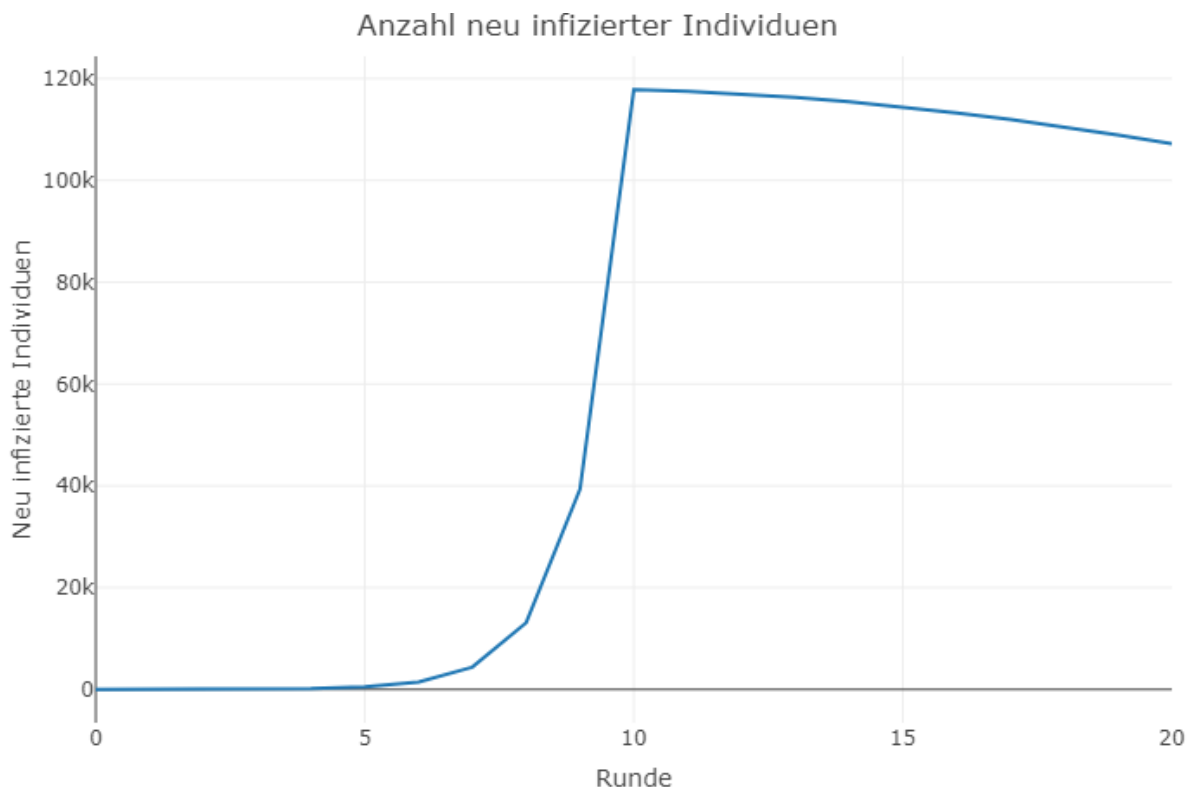


Abbildung 2.1: Anzahl neu infizierter Individuen während der Schutzmaßnahme

Abbildung 2.1 und Abbildung 2.2 demonstrieren die Möglichkeit des Modells, solche regulatorischen Maßnahmen abzubilden. Es zeigt sich, dass durch die Schutzmaßnahmen die Verbreitung der Epidemie eingedämmt werden kann und eine größere Ausbreitung zunächst verhindert wird (Abbildung 2.1).

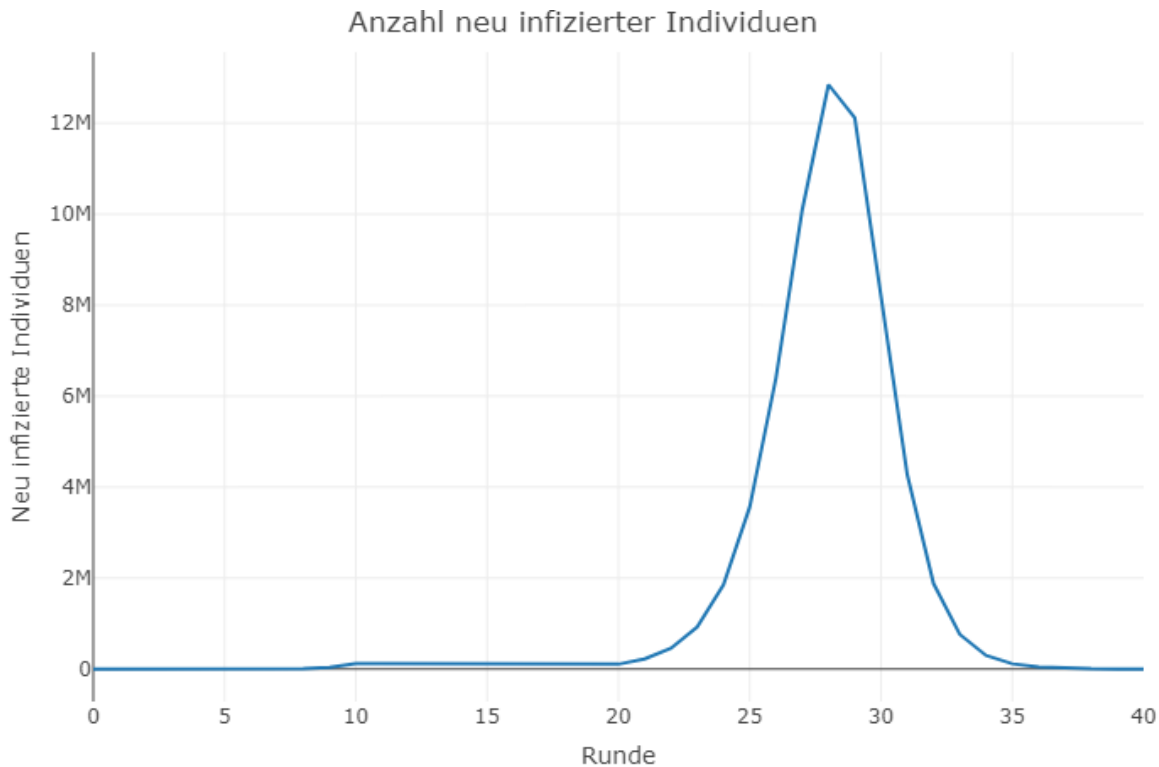


Abbildung 3.2: Anzahl neu infizierter Individuen mit temporärer Reduktion der sozialen Kontakte

Die Auswertung macht auch deutlich, dass das Epirus-Modell Hinweise liefern kann, inwieweit Schutzmaßnahmen gelockert werden können. So ergibt sich in den Runden 21 bis 26 durch die Aussetzung der Schutzmaßnahmen ein Anstieg der Neuinfizierten mit einem Höhepunkt von mehr als 23 Mio. Neuinfizierten in Runde 26. Die Epidemie endet schließlich in Runde 38. Insgesamt waren 75,07 Mio. Individuen von der Infektion betroffen, so dass die Schutzmaßnahme insgesamt kaum eine Wirkung zeigt.

Gelingt es jedoch gleichzeitig ab der 11. Runde 30% der Infizierten zu isolieren, so sinkt die Anzahl der insgesamt infizierten Individuen auf 65,62 Mio. Reduziert man nun gleichzeitig noch die Anzahl der sozialen Kontakte auf 10 anstatt 50 und belässt diese Regulierung für 16 Runden, so werden etwa nur 196.000 Individuen infiziert.

Neben der hier dargestellten Maßnahme zur Reduzierung der sozialen Kontakte kann auch die Auswirkung eines Impfschutzes (überführt S in R) durch das Modell untersucht werden.

Szenario 3: Verlauf unter Vorliegen von ineffizienten Tests

Verläuft bei einer Epidemie die Krankheit bei einigen Betroffenen ohne eindeutige Symptome, es werden keine lückenlosen Tests durchgeführt oder die durchgeführten Tests liefern keine vollständig korrekten Ergebnisse, kann die Anzahl der infizierten Individuen nicht exakt bestimmt werden. Es besteht somit eine gewisse Dunkelziffer. Abbildung 3 untersucht ein solches Szenario.

Die Analyse geht initial von einer Anzahl von 1000 infizierten und 9000 gesunden bzw. immunen Individuen aus. Die orange Kurve, beschreibt den Verlauf unter der Annahme, dass infizierte Individuen vollständig erfasst werden. Die grüne und blaue Kurve skizzieren den Verlauf beim Vorliegen einer Dunkelziffer. Es wird dabei angenommen, dass nur 10% der tatsächlich Infizierten identifiziert werden können und somit 90% der infizierten Individuen unerkannt bleiben. Die blaue Kurve stellt die identifizierten infizierten Individuen und die grüne die tatsächlich infizierten Individuen dar.

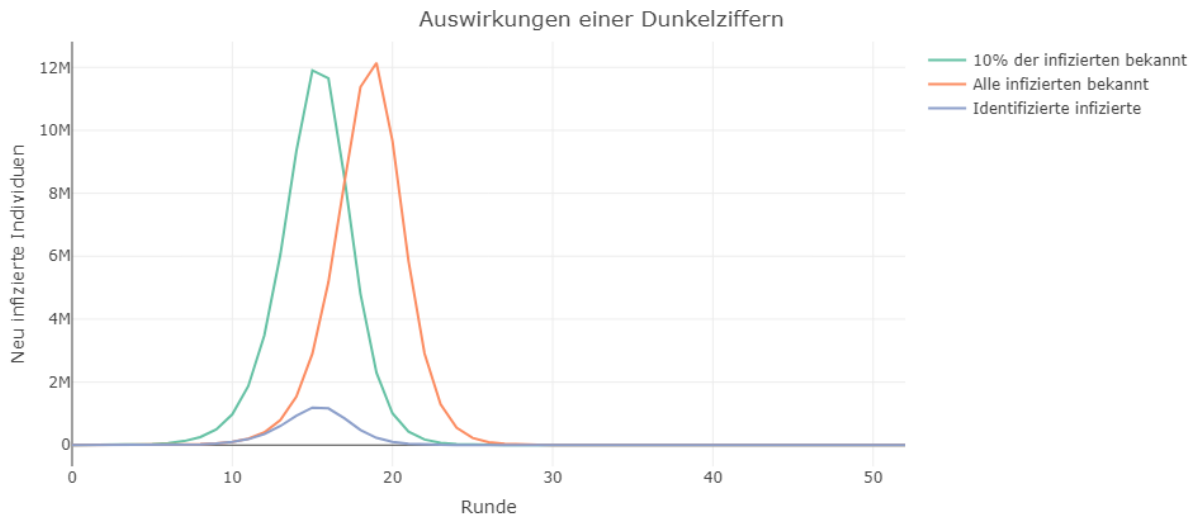


Abbildung 4: Auswirkungen einer Dunkelziffer

Es zeigt sich ein veränderter Verlauf der Epidemie. Beim Vorliegen von Testineffizienzen erfolgt der Höhepunkt der Epidemie schneller als unter der Annahme vollständiger Testdurchdringung geschätzt. So reicht die Epidemie bei gegebener Dunkelziffer mit 23,56 Mio. Infizierten in Runde 8 den Höhepunkt, während bei vollständiger Erfassung der Infizierten in Runde 10 mit 23,20 Mio. Individuen die maximale Anzahl an Neuinfizierten erreicht wird. Dies lässt sich dadurch begründen, dass eine hohe Anzahl an Infizierten und immunen Individuen (I und R) bewirkt, dass die Neuinfektionen zurückgehen, da die Wahrscheinlichkeit abnimmt, dass ein sozialer Kontakt durch einen Infizierten angesteckt werden kann. Der Schwellwert für den Rückgang an Neuinfektionen wird dadurch bei Testineffizienzen früher erreicht als dies durch die Testergebnisse wahrgenommen wird.

Die Anzahl der insgesamt durch die Infektion betroffenen Individuen ist vergleichsweise unabhängig von der Testeffizienz. So werden bei einer Testineffizienz insgesamt 94,041% und bei vollständiger Erfassung der Infizierten 94,046% der Grundgesamtheit infiziert. Testineffizienzen führen daher nur deshalb zu einer höheren Anzahl an Betroffenen, weil ansteckende Individuen nicht erkannt und damit nicht isoliert werden können. Abbildung 4 zeigt die Auswirkungen einer Testineffizienz beim Vorliegen von Quarantänemaßnahmen auf. Das Modell wurde so parametrisiert, dass sich 30% aller bekannten infizierten Individuen in Quarantäne (keine sozialen Kontakte) befinden.

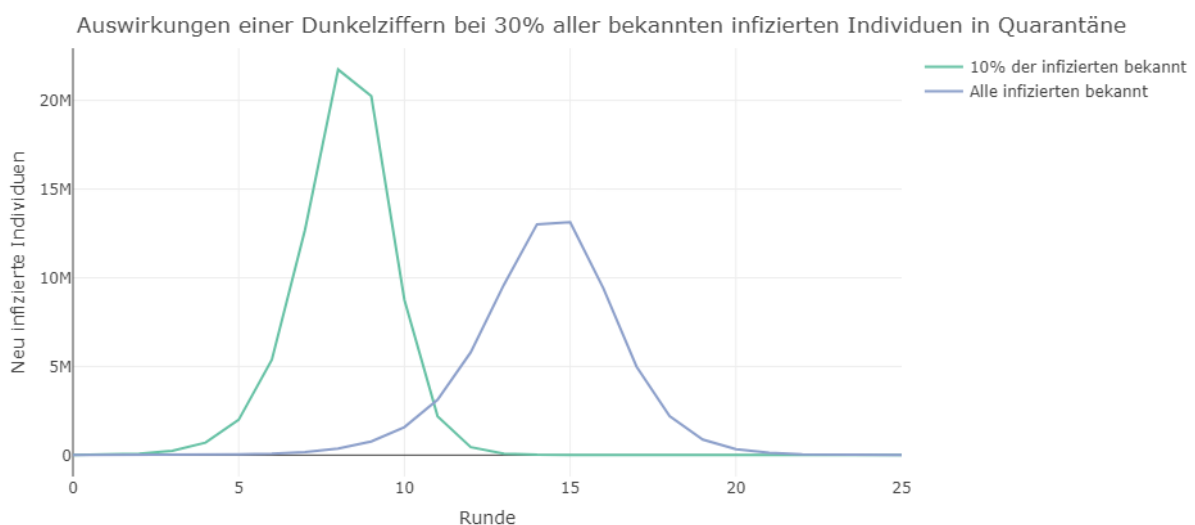


Abbildung 5: Auswirkungen einer Dunkelziffer bei Quarantänemaßnahmen

Es zeigt sich, dass die Zahl der insgesamt infizierten Individuen bei 82,2% liegt, wenn alle Infizierten erkannt werden und sich 30% der infizierten Personen in Quarantäne befinden. Werden jedoch nur 10% der infizierten Personen erkannt, infizieren sich insgesamt 93,4% der Individuen in der Gesamtpopulation.

Zusammenfassung und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde das Epirus-Modell zur Prognose der Verbreitung von Infektionskrankheiten vorgestellt, das auf dem Modell von Wöhner et al. (2020) zur ökonomischen Analyse viraler Marketing-Kampagnen basiert. Auf Grundlage des Epirus-Modells lassen sich Einflussfaktoren auf den Verlauf einer Epidemie analysieren. Mögliche Untersuchungsobjekte sind die Wirkung von Schutzmaßnahmen zur Reduzierung der sozialen Kontakte, Impfschutz und die Quarantäne von infizierten Individuen. Auch für die Aussetzung von Schutzmaßnahmen bietet das Modell eine Entscheidungsgrundlage. Neben der Evaluierung von Schutzmaßnahmen, kann das Modell als Prognoseinstrument zur Personal- und Materialplanung beispielsweise in medizinischen Einrichtungen genutzt werden.

In Wöhner et. al. (2020) wurde das analytische Modell auch in Form einer Simulation auf realistische Soziale Graphen angewendet, bei denen die Verteilung der sozialen Kontakte innerhalb der Grundgesamtheit besondere Charakteristiken aufweist. Das Epirus-Modell lässt sich ebenfalls in analoger Weise anwenden. Durch eine solche Untersuchung könnte der tatsächliche Verlauf einer Epidemie realitätsnäher untersucht werden. Auch ließe sich konkret analysieren, welchen Einfluss bestimmte Charakteristiken der einzelnen Knoten im Sozialen Graph (Anzahl der sozialen Kontakte, Zentralitätsmaße) auf die Verbreitung der Infektion bzw. auf die Infektionswahrscheinlichkeit des Individuums haben. So könnten konkrete Schutzmaßnahmen wie das Verbot von Großveranstaltungen evaluiert werden. Auch die Wirkung von Schutzmaßnahmen auf die Ansteckungswahrscheinlichkeit von Risikogruppen kann Gegenstand weiterer Analysen sein.

Literatur

Kermack, W. O. and McKendrick, A. G.(1927). Contributions to the mathematical theory of epidemics, part i. Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section A. Mathematics.115700–721.

Britton, N.F. (2003). Essential Mathematical Biology. Springer, Berlin 2003.

Wöhner T., Scholz M., Peters R. (2020). The Welfare of Word of Mouth. In Begutachtung.

Wirtschaftswissenschaftliche Schriften

Jahrgang 2020

Wöhner, Th., Scholz, M., 2020, Epirus: Ein Modell zur Verbreitung von Infektionskrankheiten auf Basis des sozialen Graphen, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 1/2020, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jahrgang 2019

Geyer H. et al., 2019, Finanzmärkte – Unternehmungen – Informationen; Ergebnisse des Projektes im Sommersemester 2019, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 2/2019, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Geyer H. et al., 2019, Finanzmärkte – Unternehmungen – Informationen; Ergebnisse des Projektes im Wintersemester 2017/2018 und 2018/2019, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 1/2019, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jahrgang 2018

Neuber, N.; Müller, M.; Krüger, Ch.; Kraußlach, H., 2018, Herausforderung einer gesundheitsförderlichen Arbeitswelt – Ergebnisse einer thüringenweiten Unternehmensbefragung, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 2/2018, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Geyer H. et al., 2018, Finanzmärkte – Unternehmungen – Informationen; Ergebnisse des Projektes im Wintersemester 2016/2017, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 1/2018, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jahrgang 2017

Schmidt, T., 2017, Bitcoin als alternative Anlagemöglichkeit – unter besonderer Berücksichtigung der Volatilität, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 1/2017, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jahrgang 2016

Buerke, G., 2016, Marktforschungsmethoden für Innovationen und Produktverbesserung, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 3/2016, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Geyer H. et al., 2016, Finanzmärkte – Unternehmungen – Informationen; Ergebnisse des Projektes im Wintersemester 2015/2016, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 2/2016, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Fieker, M., 2016, Ausgewählte Anforderungen an die Gesamtbanksteuerung deutscher Kreditinstitute im Zuge der Einführung von Basel III – unter besonderer Beachtung der Anrechenbarkeit stiller Einlagen und stiller Reserven als Eigenmittel, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 1/2016, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jahrgang 2015

Krehl, S., 2015, Transition Town Initiativen im deutschsprachigen Raum: Ein systematischer Überblick über Vorkommen, Schwerpunkte und Einfluss auf die Energiewende vor Ort, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 3/2015, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Geyer H. et al., 2015, Finanzmärkte – Unternehmungen - Informationen, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 2/2015, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Bühren, S., Müller, M., Neuber, N., Schmidt, R., Fröhlich, J., Senff, T., Neumann, S., Malinka, J., Kraußlach, H., 2015, Thüringenweite Befragung zum Betrieblichen Gesundheitsmanagement in Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 1/2015, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jahrgang 2014

Ude, E., 2013, Aktienrückkaufprogramme in Deutschland, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 1/2014, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Jahrgang 2013

Mattheis, J., 2013, Die Ermittlung der Eigenkapitalkosten für kapitalmarktorientierte Unternehmen vor dem Hintergrund der Wirtschafts- und Staatsschuldenkrise, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 5/2013, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena

Dollinger, J.P., 2013, Die Wirkung von Subventionen auf die Investitionstätigkeit dargestellt am Beispiel der Solarbranche, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 4/2013, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena

Misch, J., 2013, Analyse der Anwendung alternativer Finanzierungsformen für nicht kapitalmarktorientierte Unternehmen im Zeitraum von 2002 bis heute, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 3/2013, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena

Hussini, S. J., Finke, W. F., 2013, Workshop Proceedings, Sept. 15-17, 2012 Kabul/Afghanistan – Creating Awareness for the Use of OpenSource Systems in the Public Sector in Afghanistan, Wirtschaftswissenschaftliche Schriften Heft 2/2013, Fachbereich Betriebswirtschaft, Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena