

Gefördert durch:



infoXpand – Expanding the understanding of the infodemic x pandemic interaction – Berichtsteil II

Förderkennzeichen: 031L0300A

Projektlaufzeit: 01. Mai 2022 – 30. April 2025

Einreichungsdatum: 30. Oktober 2025

Projektleiterin: Prof. Dr. Viola Priesemann

Träger: Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.

Durchführende Einrichtung: Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation (MPI-DS)

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

1 Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

In diesem Abschnitt geben wir einen Überblick über die Ergebnisse und wissenschaftlichen Leistungen von infoXpand und erläutern, inwiefern diese mit den ursprünglichen Meilensteinen und Zielvorgaben des Projekts übereinstimmen.

1.1 Projektstruktur

Das Projekt *infoXpand* wurde in drei miteinander verbundene Teilprojekte (SPs) unterteilt, die jeweils von mindestens zwei Institutionen gemeinsam durchgeführt wurden. Dieser Kooperationsrahmen ermöglichte die Verfolgung ambitionierter, interdisziplinärer Forschungsfragen und die Ausbildung einer neuen Generation von Expert:innen an der Schnittstelle von Physik, Infektionskrankheiten und Sozialwissenschaften. Unsere Expertise am MPI-DS in den Bereichen Kompartimentmodellierung, Datenanalyse und Bayes'sche Inferenz war für die Zielsetzung des Projekts von zentraler Bedeutung (vgl. Abb. 1). Im Folgenden skizzieren wir den geplanten Inhalt jedes SP und listen die Meilensteine und Deliverables auf, für die das MPI-DS die alleinige Verantwortung trug. Danach diskutieren wir, inwiefern sich der ursprüngliche Plan während der Projektphase geändert hat.

SP1: Meinungsdynamik, Misinformation und Ausbreitung von Epidemien

Dieses Teilprojekt untersucht, ob und unter welchen Bedingungen Filterblasen und Bots die Meinungsdynamik beeinflussen und staatliche Maßnahmen zur Bekämpfung einer Pandemie behindern können. Um diese Frage zu beantworten, wollten wir ein agentenbasiertes Modell entwickeln, das die miteinander verflochtenen Dynamiken der Ausbreitung von Krankheiten und der Meinungsbildung in der Öffentlichkeit erfasst.

Mit Hilfe des daraus resultierenden Modells wollen wir die Bedingungen identifizieren, unter denen Filterblasen und Fehlinformationen Meinungsverschiebungen bewirken, die Epidemien verstärken und Maßnahmen im Bereich der öffentlichen Gesundheit behindern. SP1 befasst sich mit zwei zentralen gesellschaftlichen Herausforderungen. Erstens wollen wir gesellschaftliche Dynamiken, die staatliche Reaktionen erschweren, besser antizipieren. Wir untersuchen, unter welchen Bedingungen relevante Meinungen polarisiert werden und sich falsche Narrative – insbesondere solche, die zu Widerstand gegen Interventionen führen – in der Gesellschaft verbreiten und letztlich den Verlauf einer Pandemie beeinflussen. Zweitens wollen wir Strategien zur Verbesserung der Wirksamkeit staatlicher Interventionen angesichts solcher Herausforderungen untersuchen.

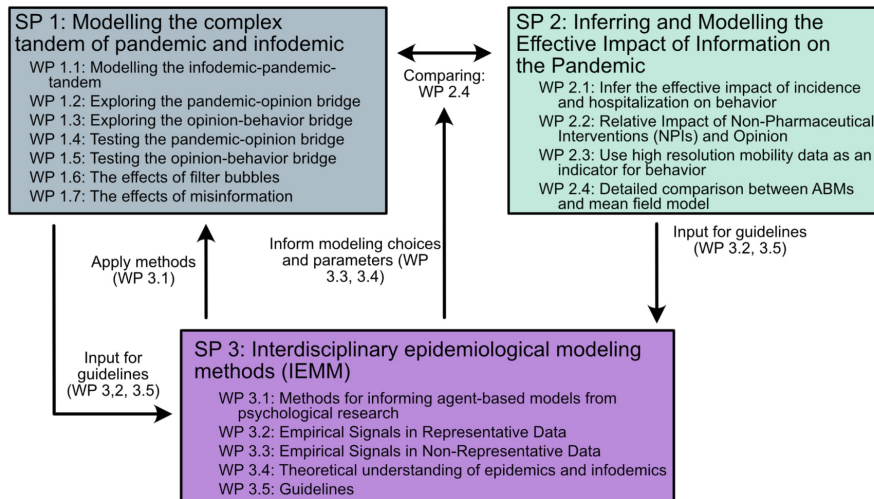
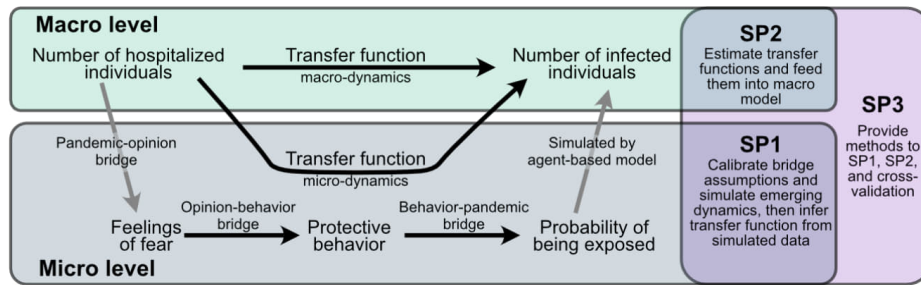


Abbildung 1: Zusammenfassung der Teilprojekte und deren Zusammenhänge in *infoXpand*.

Beitrag des MPI-DS: Validierung der aus den agentenbasierten Modellen abgeleiteten Übertragungsfunktionen. Diese werden mit empirisch abgeleiteten Funktionen verglichen, um ihre Genauigkeit zu bewerten und die Zuverlässigkeit des Modells bei der Darstellung realer Dynamiken zu verbessern. (Verwandte Meilensteine: M1.5)

SP2: Quantifizierung der Rückkopplung zwischen Information, Meinung, Verhalten und Ausbreitung von Krankheiten

Während der COVID-19-Pandemie entwickelte sich der Fluss öffentlicher Informationen kontinuierlich weiter, formte Meinungen, beeinflusste Verhalten und bestimmte letztlich den Verlauf der Pandemie selbst. Diese Veränderungen beeinflussten die Einhaltung nicht-pharmazeutischer Interventionen (NPIs), darunter Mobilitätsbeschränkungen und das Tragen von Masken. Dadurch entstand eine komplexe Rückkopplung zwischen Information, öffentlicher Wahrnehmung und den Dynamiken der Epidemie.

In SP2 wollen wir diese Rückkopplung mithilfe der umfangreichen Daten aus der COVID-19-Pandemie quantifizieren. Unser Ziel ist es zu verstehen, wie Information das Verhalten beeinflusst, wie Verhalten die Ausbreitung von Krankheiten prägt und wie wiederum die Krankheitsdynamik den öffentlichen Diskurs verändert.

Wir verfolgen einen Bayes'schen Ansatz, um zu analysieren, wie gut Überwachungsdaten, Mobilitätsmuster und öffentliche Meinung die Ausbreitung von SARS-CoV-2 vorhersagen können. Zur Ergänzung der in SP1 entwickelten agentenbasierten Modelle beginnen wir mit einer makroskopischen Modellierungsperspektive. Ein zentrales Ziel ist es, die Effekte verpflichtender NPIs von freiwilli-

gem Schutzverhalten zu trennen. Wir quantifizieren die NPI-Befolgung und deren Variabilität in Abhängigkeit von der öffentlichen Meinung, untersuchten, wie Meinungen die Mobilität beeinflussen, und bewerteten, inwieweit Mobilitätsdaten als Frühindikator für Krankenhauseinweisungen dienen können – insbesondere in den frühen Phasen einer Pandemie.

Unser letztlches Ziel ist es, ein tieferes Verständnis des gesamten Rückkopplungskreislaufs zwischen Infodemie und Epidemie zu erlangen. In der ersten Phase nehmen wir eine Makroperspektive ein, um die kombinierten Effekte öffentlicher Informationen auf Grundlage von Überwachungsdaten zu schätzen. In der zweiten Phase trennen und analysieren wir die unterschiedlichen Rollen von Mobilität, NPIs, Medienberichterstattung und Fehlinformation.

Durch die Vertiefung unseres Verständnisses darüber, wie öffentliche Informationen die Epidemiedynamik gestalten und von dieser beeinflusst werden, wollen wir wertvolle Erkenntnisse für die Gestaltung wirksamerer staatlicher Reaktionen in zukünftigen Pandemien liefern.

Beitrag des MPI-DS: Leitung von SP2. (Zugehörige Meilensteine und Deliverables: M2.1-2.6, D2.1.1, D2.1.2, D2.2.1, D2.2.2, D2.4.1-2.4.3)

SP3: Multidisziplinäre Ansätze zur Überbrückung von Modellierungsmethoden und empirischen Erkenntnissen in der Epidemieforschung

In SP3 verfolgen wir das Ziel, Deutschlands Modellierungskompetenz durch multidisziplinäre Zusammenarbeit bei der Bewältigung grundlegender methodischer Herausforderungen zu stärken. Wir konzentrieren uns auf zwei zentrale Schnittstellen: die Schnittstelle zwischen Modellierungstechniken verschiedener Disziplinen und die Schnittstelle zwischen Modellen und empirischen Erkenntnissen.

Zunächst adressieren wir die Lücke zwischen empirischen Erkenntnissen aus der Sozialpsychologie und dem Agentenverhalten in epidemiologischen Modellen. Auf Basis der umfangreich vorhandenen Literatur leiten wir psychologisch fundierte Mikromodelle des Agentenverhaltens ab und entwickeln Leitlinien zur Generalisierung dieses Prozesses. Zweitens identifizieren wir zentrale Indikatoren für öffentliche Meinung und Verhalten in verfügbaren repräsentativen Datensätzen und untersuchen, ob diese Marker auch aus nicht-repräsentativen, öffentlich zugänglichen „gefundenen Daten“ (z. B. aus sozialen Medien) extrahiert werden können. Dies ermöglicht eine schnellere Kalibrierung zukünftiger Modelle. Drittens erweitern wir das theoretische Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Epidemien und Infodemien, indem wir: (1) ein Modell entwickeln, das schrittweise Erkenntnisse aus SP1 und SP2 integriert, und (2) Ergebnisse aus anderen Teilprojekten (und Konsortien) einbeziehen, um Leitlinien zur Verbesserung der Vorbereitung Deutschlands auf zukünftige Epidemien zu erstellen.

Beitrag des MPI-DS: Leitung der Modellierungsarbeiten mit Fokus auf zwei Hauptkomponenten: (1) Entwicklung eines integrierten Modells zu Infektionsdynamik und polarisierter Meinungsbildung und (2) Aufbau eines Kompartimentmodells mit Rückkopplungsschleife, kombiniert mit Bayes'schen Inferenzmethoden (verknüpft mit SP2). (Zugehörige Meilensteine und Deliverables: M3.1-3.4, M3.6, D3.4.1, D3.4.2)

1.2 Neuausrichtung von Meilensteinen

Im Jahr 2024 wurde deutlich, dass wir die Auswirkungen von Verhalten auf die Ausbreitung von Krankheiten verstehen müssen und dass der Einfluss spezifischer Quellen von Fehlinformationen zweitrangig ist – insbesondere, da Verhaltensänderungen viele Ursachen haben. Angesichts der kontinuierlichen Literaturrecherchen, die wir in unseren regelmäßig stattfindenden Journal Clubs durchgeführt haben, stellten wir fest, dass die meisten Forschungslücken (und damit die Punkte, an denen unsere Forschung den größten gesellschaftlichen Einfluss haben könnte) mit zwei unserer Forschungsschwerpunkte übereinstimmen: i) detaillierte Modellierung von Verhalten durch neue Rückkopplungsschleifen und Optimierungsframeworks sowie ii) Sammlung und Analyse großer Datensätze (Telegram). Dementsprechend richteten wir unsere Forschungsbemühungen auf die folgenden Initiativen aus, die in Bezug auf verfasste Manuskripte und geschaffene Infrastruktur sehr erfolgreich waren und außerdem neue Wege für wirkungsvolle Forschung eröffneten – einschließlich mehrerer

interdisziplinärer Kooperationen. Dies führte letztlich zu einer Anpassung der Meilensteine M2.4 und M2.5 sowie des Deliverables D.2.4.2 (das weiterhin ein wissenschaftliches Manuskript bleibt, jedoch mit leicht verändertem Fokus). Alle weiteren Meilensteine und Ergebnisse wurden wie geplant erreicht. Wir führen diese im Folgenden im Detail auf.

1.3 Analyse von Transferfunktionen in Verbindung mit agentenbasierten Modellen

Übersicht Meilensteine und Deliverables (M1.5) Im Meilenstein M1.5 planten wir die Analyse verschiedener Transferfunktionen in Verbindung mit einem agentenbasierten Modell, das von unseren Kolleginnen und Kollegen am KIT entwickelt wurde.

Ergebnisse und Erfolge Wir arbeiteten mit unseren Kolleginnen und Kollegen am KIT an mehreren Projekten, die sich mit der Transferfunktion zwischen Inzidenz und Verhalten befassten. Zunächst erstellten wir einen Überblick über verschiedene Annahmen in gekoppelten Modellen der Krankheits- und Infektionsverbreitung, wobei wir erstmals den Rahmen der „Einfluss-Reaktions-Funktionen“ vorstellten, der es erlaubt, verschiedene Modelle ausschließlich anhand ihrer Dynamik zu vergleichen A. Reitenbach et al., 2024. Zusätzlich setzten wir agentenbasierte Modelle (ABMs) ein, in denen die Agenten sowohl auf die Krankheitsinzidenz als auch auf das Verhalten anderer Agenten reagierten. Wir simulierten verschiedene Szenarien unter Verwendung unterschiedlicher Einfluss-Reaktions-Funktionen und analysierten, wie diese Verhaltensstrategien die Krankheitsausbreitung beeinflussen, wobei der Schwerpunkt auf dem resultierenden durchschnittlichen Schutzniveau lag A. e. a. Reitenbach, 2025.

1.4 Policy Report

Übersicht Meilensteine und Deliverables (M2.6) Im Meilenstein M2.6 erstellten wir einen Policy Report (Deliverable D2.4.3).

Ergebnisse und Erfolge Unsere Ergebnisse im Rahmen von infoXpand zeigen, dass im endemischen Zustand von Krankheiten wie COVID-19 komplexe Langzeitdynamiken entstehen, die Maßnahmen zur Bekämpfung steigender Inzidenzen erforderlich machen und von saisonalen Schwankungen der Ausbreitungsrate beeinflusst werden Wagner et al., 2025. Diese komplexen Dynamiken stellen eine Herausforderung für die klassische Interpretation der Endemizität dar, die traditionell als typische Krankheitslast mit vorhersehbaren Mustern betrachtet wird. Unsere Ergebnisse legen nahe, dass das Agieren in diesem unvorhersehbaren, komplexen und chaotischen Regime zu einer geringeren durchschnittlichen Anzahl von Infektionen führen kann – und damit einen „Sweet Spot“ im Abwägen zwischen den Kosten von Eindämmungsmaßnahmen und den mit Infektionen verbundenen Kosten darstellt Wagner et al., 2025. In diesem Zusammenhang scheint die Gesellschaft Vorhersagbarkeit zu bevorzugen, wenn dadurch langfristig niedrigere Infektionsraten erreicht werden. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf das Management von Krankheiten, die in den endemischen Zustand übergehen, insbesondere hinsichtlich der epidemiologischen und virologischen Entwicklungen in diesem Prozess. Wir haben unsere Empfehlungen in zwei Editorials veröffentlicht – eines im The Lancet Regional Health Europe S. Contreras et al., 2023a und eines im Lancet Regional Health Americas Oróstica et al., 2022.

Um die gewonnenen neuen Erkenntnisse sowie die Zusammenarbeit zwischen infoXpand und RESPINOW im Kontext des deutschen MONID-Netzwerks zusammenzufassen, bereiten wir derzeit ein Perspektivpapier vor, das die *Mechanik von Pandemien* beschreibt. Dieses Manuskript wird die umsetzbaren Mechanismen, die der Krankheitsausbreitung und -kontrolle zugrunde liegen, beleuchten, welche universell auf neu auftretende Bedrohungen mit Pandemiepotenzial anwendbar sind S. e. a. Contreras, 2025.

1.5 Kompartimentmodell mit Rückkopplungsschleife und Bayes'scher Inferenz

Übersicht Meilensteine und Deliverables (M2.1, M2.2 und M2.3) In den Meilensteinen M2.1, M2.2 und M2.3 konzentrierten wir uns auf die Entwicklung, Validierung und Untersuchung eines Kompartimentmodells mit einer integrierten verhaltensbezogenen Rückkopplungsschleife. Im Rahmen von M2.1 implementierten wir die erste Version des Modells und stellten es auf GitHub öffentlich zur Verfügung (Deliverable D2.1.1). In der darauffolgenden Phase (M2.2) begannen wir mit der empirischen Validierung der im Modell eingebetteten Rückkopplungsmechanismen. Schließlich wandten wir in M2.3 Bayes'sche Inferenztechniken zur Kalibrierung des Modells an und validierten es anhand von Daten. Diese Arbeit mündete in ein wissenschaftliches Manuskript (Deliverable D2.1.2) und erfüllte die zentralen Ziele, die mit diesen Meilensteinen verbunden sind.

Ergebnisse und Erfolge Das Verständnis der dynamischen Rückkopplungsschleife zwischen menschlichem Verhalten und der Ausbreitung von Infektionskrankheiten stellt eine erhebliche Herausforderung dar, da kontrollierte Experimente schwer durchzuführen sind. Die Fußball-Europameisterschaft UEFA Euro 2020, die vom späten Frühjahr bis zum Frühsommer 2021 stattfand, bot jedoch ein natürliches quasi-experimentelles Umfeld: Das Weiterkommen einer Mannschaft in die nächste Runde ähnelte einem randomisierten kontrollierten Versuch. Das Austragen von Fußballspielen führte zu spontanen öffentlichen und privaten Zusammenkünften von Fans, die sich je nach Land unterschiedlich stark ausprägten, abhängig davon, ob die Mannschaft spielte oder nicht. Diese Variation ermöglichte uns die Abschätzung des kausalen Einflusses solcher Zusammenkünfte auf die COVID-19-Übertragung, ohne dass interventionelle Experimente notwendig waren.

Unter Nutzung dieses Umfelds quantifizierten wir, wie freiwilliges Verhalten und soziale Kontakte im Zusammenhang mit der UEFA Euro 2020 die Verbreitung von COVID-19 beeinflussten und simulierten die Krankheitsdynamik in einem Bayes'schen Rahmen Dehning et al., 2023. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Meisterschaft in mehreren Ländern zu einem messbaren Anstieg der Fallzahlen führte, hauptsächlich aufgrund von Sekundärinfektionen. Darüber hinaus stellten wir fest, dass der Gesamteinfluss solch groß angelegter freiwilliger Zusammenkünfte stark von den Anfangsbedingungen abhängt, d. h. der Inzidenz und der Reproduktionszahl zu Beginn des Ereignisses. Sind diese niedrig, können trotz der Zusammenkünfte viele Infektionen verhindert werden.

1.6 Expertenbefragung

Übersicht Meilensteine und Deliverables (M2.2) Im Meilenstein M2.2 führten wir eine Expertenbefragung durch und veröffentlichten ein Manuskript (Deliverable D2.4.1).

Ergebnisse und Erfolge Die Expertenbefragung wurde im Rahmen der infoXpand Summer School (Infodemics-Pandemics Summer School, IPSS 2023) konzipiert, bei der internationale Expertinnen und Experten zur COVID-19-Pandemie und Infodemie anwesend waren. Die Studie wurde vorab registriert unter <https://osf.io/rtjzu> und hatte das Ziel, das Potenzial von Umfragen in sozialen Medien zu evaluieren, um konventionelle Datenerhebung für epidemiologische Kennzahlen zu ergänzen oder zu ersetzen. Im Projekt wurden Daten zum COVID-19-Infektionsstatus über soziale Medien sowie über einen anschließenden ausführlichen Online-Fragebogen erhoben. Diese Kennzahlen wurden anschließend mit externen Datenquellen verglichen, darunter das Robert Koch-Institut (RKI) und Our World in Data, um Rückschlüsse auf die Eignung von Umfragen in sozialen Medien für die qualitative und quantitative Datenerhebung zu ziehen und Empfehlungen für deren Einsatz zu geben. Das Manuskript wird demnächst als Preprint erscheinen Mortaga et al., 2025 und ergänzt unsere Zusammenfassung der „Mechanik von Pandemien“ um eine datengestützte Perspektive S. e. a. Contreras, 2025.

1.7 Infektions-Meinungsmodell mit Polarisierung

Übersicht Meilensteine und Deliverables (M3.1, M3.2) In den Meilensteinen M3.1 und M3.2 entwickelten wir ein Infektions- und polarisiertes Meinungsmodell, das wir auf GitHub hochgeladen

haben (Deliverable D3.4.1).

Ergebnisse und Erfolge Wir entwickelten ein agentenbasiertes Modell, um den Einfluss von Fehlinformationen und von durch Homophilie getriebener Polarisierung auf die Ausbreitung von Krankheiten zu untersuchen. In dem Modell müssen die Agenten Schutzstrategien gegen Krankheiten wählen, sind jedoch nicht darüber informiert, welche Strategien am effektivsten sind. Jede Strategie weist unterschiedliche Kosten und Wirksamkeitsgrade auf, wobei einige Strategien sowohl effektiver als auch kostengünstiger sind als andere. Da die Agenten keinen Zugang zu perfekten Informationen über die Wirksamkeit der Strategien haben, lernen sie über zwei Wege: durch eigene direkte Erfahrung und durch Beobachtung der Entscheidungen und Ergebnisse ihrer sozialen Netzwerk-Nachbarn.

Unsere Ergebnisse zeigen einen „doppelschneidigen“ Effekt sozialen Lernens. Einerseits beschleunigt sozialer Einfluss die Verbreitung tatsächlich wirksamer Schutzstrategien in der Bevölkerung. Andererseits kann er polarisierte Echokammern erzeugen, in denen Gruppen kollektiv unwirksame und kostspielige Strategien übernehmen und sich gegenüber besseren Alternativen resistent zeigen. Insgesamt erweist sich ein Gleichgewicht zwischen individuellem und sozialem Lernen als am effektivsten, um die Einführung kostengünstiger Strategien zu fördern und gleichzeitig die Verbreitung potenziell schädlicher, kostenintensiver Optionen zu reduzieren. Der Code mit dem Modell wurde auf GitHub hochgeladen (<https://github.com/asgolin/TaleOfTwoPandemics>) (D3.4.1).

1.8 Inferenz zur Wirksamkeit nicht-pharmazeutischer Interventionen

Übersicht Meilensteine und Deliverables (M2.4, M2.5, M2.6, M3.3, M3.4 und M3.6)

Der Meilenstein M2.4 markierte den Beginn der Inferenz zur Wirksamkeit nicht-pharmazeutischer Interventionen (NPIs). Bis zum Meilenstein M2.5 wurde die Wirksamkeit der NPIs ermittelt und der Code auf GitHub veröffentlicht (Deliverable D2.2.1). Zusätzlich begann in diesem Meilenstein die Modellierung der Interaktion zwischen freiwilligen und verpflichtenden NPIs. Der Meilenstein M2.6 umfasst die Modellierung der Interaktion und der Auswirkungen von freiwilligen und verpflichtenden NPIs auf die Infektionsdynamik, was in einem wissenschaftlichen Manuskript resultierte (Deliverable D2.2.2). Hinsichtlich der Modellanalyse befassten sich die Meilensteine M3.3, M3.4 und M3.6 mit der Sensitivitäts- und Netzwerkanalyse des Modells, wobei das Deliverable ein wissenschaftliches Manuskript war (D3.4.2). Darüber hinaus enthält M3.6 eine Ausarbeitung zum Modell und den Implikationen der Simulationen für Politik und Gesellschaft.

Ergebnisse und Erfolge Wir untersuchten verschiedene Modellkombinationen unter Verwendung von Inzidenzen, Krankenhausaufenthalten und Intensivstation-Aufnahmen als Stellvertreter für die wahrgenommene Gefährdung. Um die Beziehung zwischen Verhaltensänderungen und sowohl Gefährdung als auch Stringenz zu charakterisieren, testeten wir mehrere funktionale Formen. Unser aktuelles Modell integriert freiwilliges Verhalten und verpflichtendes Verhalten. Die Modellleistung wurde mithilfe von ELPD-LOO (Expected Log Predictive Density - Leave-One-Out) bewertet, was die Auswahl des am besten passenden Ansatzes ermöglichte. Die Ergebnisse werden derzeit für die Einreichung vorbereitet Mallick et al., 2025a.

Wir untersuchten außerdem die Auswirkungen unterschiedlicher Informationsniveaus (lokal, regional, national) auf Eindämmungsmaßnahmen und damit auf die raumzeitliche Dynamik eines Ausbruchs. Wir verwendeten ein Metapopulations-Kompartimentmodell vom Typ SEIR, bei dem verschiedene Gemeinschaften und ihre Verbindungen als Knoten und Kanten in einem Graphen dargestellt werden (siehe Abb. 2). Wir stellten fest, dass koordinierte Eindämmungsmaßnahmen den Beginn verzögern und die Verteilung der Infektionen verbreitern, wodurch Gesundheitsressourcen von stark betroffenen Gebieten in solche verlagert werden können, in denen die Kapazität noch nicht erreicht ist Zunker et al., 2025.

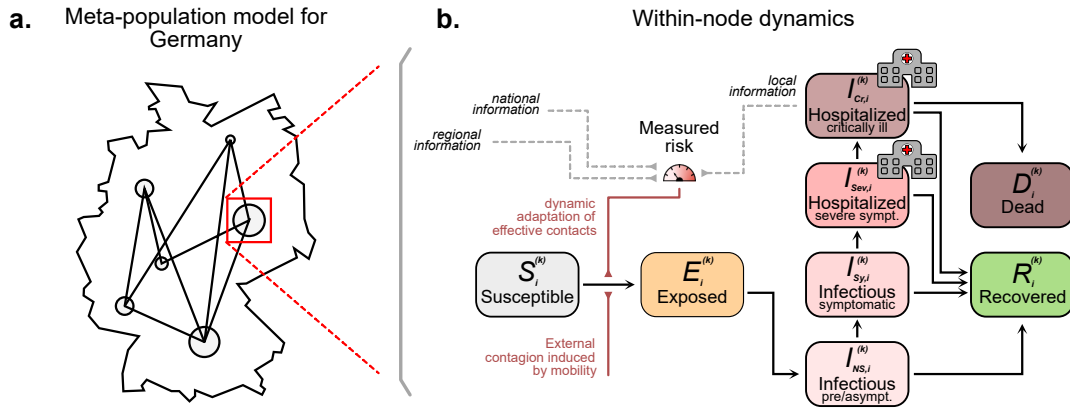


Abbildung 2: **Metapopulationsmodell für die raumzeitliche Dynamik von COVID-19 in Deutschland.** a. Schematische Darstellung deutscher Städte und ihrer Verbindungen als Graph. b. Architektur eines SEIR-ähnlichen Modells. Entnommen aus Zunker et al., 2025.

Wir begannen den Inferenzprozess (M2.4) mit der Entwicklung eines hierarchischen Bayes'schen Modells, um die Auswirkungen freiwilliger (durch wahrgenommenes Risiko getriebener) und verpflichtender (politikgetriebener) nicht-pharmazeutischer Interventionen (NPIs) auf die COVID-19-Übertragung zu quantifizieren und zu unterscheiden Mallick et al., 2025a. Zur Unterstützung sammelten und kuratierten wir länderspezifische Zeitreihendaten für 20 europäische Länder während der Alpha-Variantenwelle (Dezember 2020 – November 2021), einschließlich COVID-19-Inzidenz, NPI-Stringenz (basierend auf dem OxCGRT-Index) und der effektiven Reproduktionszahl (R_{eff}). Wir testeten eine Reihe von Verhaltensreaktionsfunktionen, um zu bewerten, wie die Bevölkerung sowohl auf gesundheitliche Risiken als auch auf politische Maßnahmen reagierte. Parallel dazu begannen wir mit der Inferenz zur Wirksamkeit spezifischer NPIs anhand von Daten dokumentierter COVID-19-Ausbrüche bei öffentlichen Veranstaltungen. Zu diesen NPIs gehören unter anderem das Tragen von Masken, Quarantäne und Händewaschen.

Zunächst schlossen wir die Inferenz zur Wirksamkeit der NPIs (M2.5, Deliverable D2.2.1) unter Verwendung eines hierarchischen Bayes'schen Ansatzes ab, der zwischen freiwilligen und verpflichtenden Verhaltensreaktionen unterscheidet. Das bestpassende Verhaltensmodell (linear-linear mit Wechsellpunkt) wurde mittels Leave-One-Out-Cross-Validation identifiziert. Zentrale Erkenntnisse umfassen: i) Freiwilliges Verhalten, beeinflusst durch Inzidenz bzw. Gefahrenwahrnehmung, zeigte konsistente und statistisch signifikante Beiträge zur Reduktion von R_{eff} in allen Ländern. ii) Verpflichtendes Verhalten, gesteuert durch politische Stringenz, wies variablere Effekte auf – mit abnehmendem Nutzen bei hoher Stringenz und in einigen Fällen sogar kontraproduktiven Wirkungen. iii) Ein Gedächtniskern (Gamma-Funktion) zeigte, dass sich freiwillige Reaktionen der Menschen an Inzidenzen der vergangenen 4 Wochen orientieren und nicht allein an der unmittelbaren Gefahrenlage. iv) Mit steigender Gefährdung oder Stringenz nehmen die Verhaltenswerte ab, was bedeutet, dass die Einhaltung von COVID-19-Schutzmaßnahmen bis zum Median oder Mittelwert zunimmt, danach jedoch zurückgeht. Dieser Effekt ist sowohl bei freiwilligem als auch bei verpflichtendem Verhalten erkennbar und könnte auf gesellschaftliche Selbstorganisation oder das Einsetzen von Pandemie-Müdigkeit hindeuten. Diese Ergebnisse zeigen, dass freiwilliges Verhalten eine größere und verlässlichere Rolle bei der Epidemiekontrolle spielt als verpflichtendes, politisch verordnetes Verhalten. Sie betonen zudem die Bedeutung adaptiver Risikokommunikation und die Unterstützung der freiwilligen Einhaltung von Public-Health-Strategien.

Wir haben explizit die Interaktion zwischen freiwilligen und verpflichtenden NPIs (M2.6) modelliert, indem wir beide Verhaltenstypen in ein einheitliches kausales Rahmenwerk integrierten. Dieser

Ansatz ermöglichte die Schätzung der individuellen und kombinierten Effekte dieser Faktoren auf die effektive Reproduktionszahl in verschiedenen Ländern. Das Vorhandensein von Sättigungspunkten bei beiden Verhaltenstypen deutet auf Interaktionseffekte hin – extreme politische Maßnahmen führen möglicherweise nicht mehr zu stärkeren Verhaltensreaktionen, was auf Ermüdung oder Grenzen in der Anpassungsfähigkeit des Verhaltens hindeuten könnte. Diese Ergebnisse bieten ein differenziertes Verständnis dafür, wie sich freiwillige und politisch gesteuerte Verhaltensanpassungen gemeinsam entwickeln und die Epidemieentwicklung beeinflussen.

Zusätzlich begannen wir mit der Inferenz zur Wirksamkeit spezifischer NPIs anhand von Daten dokumentierter COVID-19-Ausbrüche bei öffentlichen Veranstaltungen (M2.4, M2.5). Zu diesen NPIs gehören unter anderem das Tragen von Masken, Quarantäne und Händewaschen. Um dies zu untersuchen, entwarfen und führten wir einen Fragebogen durch, um die Auswirkungen von Superspreading-Ereignissen auf wissenschaftlichen Konferenzen zu bewerten. Zudem implementieren wir ein Bayes'sches Modell zur Quantifizierung relativer Effekte. Vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Übertragung bei solchen Veranstaltungen heterogen ist. Obwohl kleiner als erwartet, sind die Inzidenzen bei diesen Veranstaltungen höher als normale Inzidenzen außerhalb solcher Ereignisse (etwa 5–20% der Teilnehmenden wurden infiziert). Immunität scheint der entscheidende Faktor dafür zu sein, ob jemand eine Infektion erleidet oder nicht. Weitere Analysen zur Wirksamkeit von NPIs in diesem Umfeld sind noch in Arbeit Mortaga et al., 2025.

1.9 Modellierung von Fehlinformationen in Infektionsmodellen

Übersicht Meilensteine und Deliverables (M2.4, M2.5) In den Meilensteinen M2.4 und M2.5 hatten wir ursprünglich geplant, Fehlinformationen in Infektionsmodellen zu modellieren, wobei das Deliverable ein wissenschaftliches Manuskript (D2.4.2) sein sollte. Wie in Abschnitt 1.2 ausführlich erläutert, haben wir den Fokus geändert: 1) Verständnis des Zusammenspiels von Verhalten und Infektionsdynamik, 2) Verständnis der Verbreitung von (Fehl-)Informationen in sozialen Netzwerken.

Bezogen auf die Brücken zwischen Information und Meinung: Wir entwarfen, implementierten und setzten einen Crawler ein, die es uns ermöglichten, einen groß angelegten, zugänglichen Telegram-Datensatz herunterzuladen Golovin et al., 2026. Dieser umfangreiche Datensatz erlaubt die Untersuchung von Forschungsfragen, die grundlegende Mechanismen der Verbreitung von Information und Fehlinformation beleuchten, sowie das Testen von Hypothesen verschiedener Mechanismen in der Informationsverarbeitung.

Bezogen auf die Brücken zwischen Meinung und Verhalten: Wir begannen eine neue Forschungsrichtung, in der Modelle konzipiert werden, um den Effekt der Risikokompensation auf die Ausbreitung von Krankheiten zu quantifizieren Mallick et al., 2025b; L. Müller et al., 2025b. Wir entwickelten ein mathematisches Modell, um dies aus einer dynamischen Perspektive zu untersuchen. So wie Radfahrer oft schneller fahren, wenn sie aufgefordert werden, einen Helm zu tragen, passen auch Individuen ihr Verhalten an, wenn sie das Gefühl haben, dass das Infektionsrisiko geringer ist – mit katastrophalen Auswirkungen auf die Ausbreitung von Krankheiten mit niedriger Prävalenz wie HIV.

Bezogen auf die Brücken zwischen Verhalten und Krankheitsausbreitung: Wir haben diesen Zusammenhang aus drei verschiedenen Perspektiven untersucht. Erstens wollten wir die möglichen dynamischen Regime bestimmen, die Atemwegsinfektionen mit starken Verhaltenskomponenten (wie COVID-19) beim Übergang in den endemischen Zustand aufweisen (peer-reviewte Veröffentlichung, Wagner et al., 2025). Zweitens wendeten wir unseren Mechanismus der Risikokompensation auf ein Mehrfachpathogenmodell zur gleichzeitigen Ausbreitung von HIV und einer heilbaren sexuell übertragbaren Infektion (STI) an. Wir entwickelten ein Minimalmodell zur Darstellung dieser Situation, mit mehreren Rückkopplungsschleifen für pharmazeutische Interventionen (z. B. HIV-Präexpositionsprophylaxe PrEP) und asymptomatisches Screening (siehe Abb. 3, L. Müller et al.,

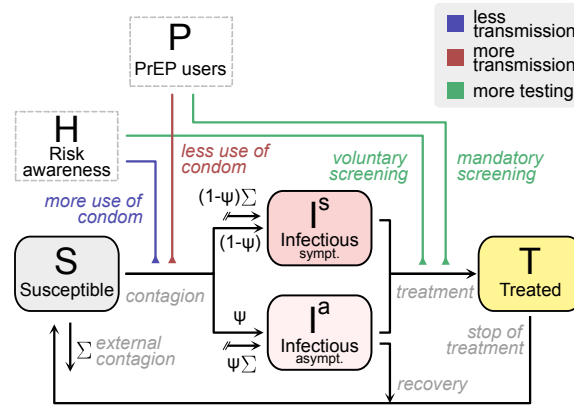


Abbildung 3: Kompartimentmodell zur Untersuchung des Effekts von HIV-PrEP und asymptomatischem Screening auf die Ausbreitung einer heilbaren sexuell übertragbaren Infektion (STI) L. Müller et al., 2025b.

2025b). Schließlich wollten wir optimale Eindämmungsstrategien für die langfristige Krankheitskontrolle bestimmen. Unter Verwendung und Anpassung des in ICoMo verfügbaren Werkzeuges konnten wir zeigen, dass es einen kritischen Punkt bei der Schwere einer Krankheit gibt, der optimale Strategien voneinander trennt. Für Infektionen unterhalb dieser Schwellwert-Schwere (beispielsweise bezogen auf das Risiko, einen schweren Verlauf zu entwickeln) ist die optimale Reaktion, nicht einzudämmen. Überschreiten Infektionen jedoch diesen Schwellwert, ist die optimale Reaktion, stark genug zu mitigieren, um alle Ausbrüche zu unterdrücken. Überraschenderweise gibt es kein optimales mittleres Niveau. Darüber hinaus ist der Rahmen öffentlich zugänglich und so konzipiert, dass er leicht an verschiedene epidemiologische Modelle und Kostenfunktionen angepasst werden kann. Ergebnisse werden in Kürze als Preprint veröffentlicht L. Müller et al., 2025a.

Bezogen auf die Brücke zwischen Krankheitsausbreitung und Verhalten In Zusammenarbeit mit der Gruppe von Prof. Nagel, einem unserer Projektpartner, untersuchten wir, wie die Ausbreitung von Krankheiten die menschliche Mobilität in Deutschland beeinflusst. Konkret wollten wir verstehen: (1) ob lokale oder nationale COVID-19-Fallzahlen aussagekräftiger sind, um Veränderungen in Mobilitätsmustern zu erklären, und (2) welche sozialen Faktoren zu dem beobachteten Rückgang der Mobilität beitragen.

Zur Beantwortung dieser Fragen entwickelten wir ein hierarchisches Bayes'sches Modell zur Vorhersage von Mobilitätsreduktionen. Unsere vorläufigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass Menschen sowohl auf lokale als auch auf nationale Fallzahlen reagieren. Darüber hinaus scheinen demografische, wirtschaftliche und politische Variablen einen bedeutenden Einfluss auf Verhaltensreaktionen wie weniger Reisen oder Aktivitäten zu haben.

Diese Erkenntnisse haben wichtige Implikationen für die öffentliche Kommunikation und die Gestaltung von Politik in zukünftigen Pandemien. Insbesondere legen sie nahe, dass lokale Maßnahmen — in Kombination mit vertrauenswürdiger Kommunikation — wahrscheinlich effektiver sind und von der Bevölkerung besser akzeptiert werden als pauschale nationale Strategien. Ergebnisse werden in Kürze als Preprints veröffentlicht Paltra, 2025b.

1.10 Weitere Arbeiten

Zeitliche Struktur von Kontaktmustern und Krankheitsausbreitung

Ein oft übersehener Faktor bei der Krankheitsübertragung ist die zeitliche Variation in menschlichen Kontaktmustern. Wenn diese Schwankungen auf einer ähnlichen Zeitskala wie das Generationsintervall der Krankheit auftreten, können sie die effektive Reproduktionszahl erheblich beeinflussen. Darüber hinaus tragen solche Variationen zur übermäßigen Verbreitung von Sekundärinfektionen und

zur Entstehung von Superspreading-Ereignissen bei. Um diese Effekte zu quantifizieren, analysierten wir zeitaufgelöste Kontaktdaten aus einer Studierendengruppe in Dänemark. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die wöchentliche Periodizität des Kontaktverhaltens – gekennzeichnet durch konstante Veränderungen zwischen Wochentagen und Wochenenden – einen deutlichen Einfluss auf die Ausbreitung von Krankheiten mit kurzen Generationsintervallen, wie COVID-19, hat. Diese Erkenntnisse verdeutlichen die Bedeutung der Berücksichtigung von Zeitpunkt und Rhythmus sozialer Interaktionen in der Krankheitsdynamik, da sie eine entscheidende Rolle bei der Gestaltung des Krankheitsverlaufs spielen und sowohl in der Modellierung als auch bei Interventionsstrategien berücksichtigt werden sollten Zierenberg et al., 2023.

2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Es wurden 8.413,68€ für projektbezogene Reisen aufgewendet. Es entstanden Lohnkosten von 483.545,81€ für Mitarbeiter. Es wurden keine Ausgaben für Sachmittel getätigt.

3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten waren notwendig, um bestehende Forschungslücken im Verständnis der komplexen Wechselwirkungen zwischen menschlichem Verhalten, Informationsflüssen und Infektionsdynamik zu schließen. Angesichts der COVID-19-Pandemie und der daraus resultierenden gesellschaftlichen Herausforderungen war es von hoher Relevanz, neue Modellierungsmethoden, Datenquellen und Analysewerkzeuge zu entwickeln, die das Zusammenspiel von verschiedenen Faktoren realistisch abbilden. Ohne diesen ganzheitlichen Ansatz wäre eine belastbare Bewertung der Wirksamkeit von freiwilligen und verpflichtenden nicht-pharmazeutischen Interventionen (NPIs) sowie deren Einfluss auf den Verlauf von Epidemien nicht möglich gewesen.

Die gewählten Methoden, darunter hierarchische Bayes'sche Modelle, agentenbasierte Simulationen, Kompartimentmodelle mit Rückkopplungsschleifen und die Analyse großskaliger Mobilitäts- und Kommunikationsdatensätze, waren angemessen, um die gesetzten Projektziele zu erreichen. Sie ermöglichten es, sowohl theoretische Erkenntnisse zu generieren als auch empirische Validierungen durchzuführen. Die eingesetzten Datengrundlagen aus europäischen Ländern, öffentlichen Gesundheitsdaten, Mobilitätsplattformen und sozialen Netzwerken waren repräsentativ und aktuell. Durch die Vielfalt der verwendeten Modelle konnte die Robustheit der Ergebnisse erhöht werden, während die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Epidemiologie, Sozialwissenschaften und Informatik einen hohen wissenschaftlichen und praktischen Mehrwert sicherstellte.

Insgesamt war die geleistete Arbeit sowohl notwendig als auch angemessen, um die im Projekt definierten Ziele zu erfüllen. Sie hat nicht nur neue und belastbare wissenschaftliche Erkenntnisse zur Dynamik von Infektionskrankheiten unter Einbeziehung menschlichen Verhaltens hervorgebracht, sondern auch praxisnahe Empfehlungen für Politik und Gesellschaft entwickelt. Damit wurde ein relevanter Beitrag zur Verbesserung der nationalen und internationalen Pandemievorsorge geleistet und die Grundlage für weiterführende Forschung und zukünftige Krisenreaktionen gelegt.

4 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Durch unsere Arbeit an infoXpand haben wir unser Verständnis der Beziehung zwischen Infodemien und Pandemien vertieft. Wir haben Modelle entwickelt, um Rückkopplungsschleifen zwischen Krankheitsübertragung und individuellem Verhalten zu untersuchen, die Auswirkungen von verpflichtenden und freiwilligen Interventionen quantifiziert und eine solide Grundlage für das Verständnis der Verbreitung von (Mis-)Informationen in sozialen Netzwerken geschaffen. Unser interdisziplinärer Ansatz integrierte epidemiologische Modellierung, Datenwissenschaft und Sozialwissenschaften, um die komplexen Wechselwirkungen zwischen Gesundheitsverhalten und Informationsumgebungen zu erfassen.

Unsere Forschung hat die Pandemievorsorge verbessert, indem sie Modelle und Rahmenwerke entwickelt hat, die wichtige Aspekte wie die Vorhersage der Dynamik der Ausbreitung von Krankheiten, die Identifizierung kritischer Parameter wie Übertragungsraten und die Formulierung wirksamer Strategien zur Eindämmung berücksichtigen. Diese Bemühungen fördern auch die langfristige Kompetenzentwicklung und die Vernetzung verschiedener Disziplinen und Institutionen.

Wir haben eine Rolle bei der Ausbildung von Fachpersonal gespielt, was zum Abschluss von vier Masterstudierenden und fünf Doktoranden geführt hat und somit wichtige Kompetenzen in Deutschland aufgebaut hat.

Durch die Zusammenarbeit mit verschiedenen Projekten innerhalb des deutschen Modellierungsnetzes für schwere Infektionskrankheiten (MONID) haben wir mehrere neue Richtungen identifiziert, die den Aufbau von Fachkompetenz im Bereich der Modellierung sowohl in Deutschland als auch im Ausland ermöglichen.

Im nächsten Schritt wollen wir die Dynamik der Informationsverbreitung in sozialen Netzwerken weiter untersuchen, um schließlich deren Einfluss auf das Verhalten, etwa das Schutzverhalten während einer Pandemie, zu verstehen. Dafür setzen wir neue Technologien ein, insbesondere Large-Language-Models (LLMs), um die Struktur von Online-Interaktionen sowie die Entstehung und Entwicklung von Meinungen zu analysieren. Wir nutzen Daten aus verschiedenen sozialen Medien, darunter Telegram, Twitter/X und Bluesky. Das übergeordnete Ziel besteht darin, die Verbreitung von Misinformation zu erfassen und darauf aufbauend Strategien zu entwickeln, mit denen sie wirksam bekämpft werden kann.

Zusammenfassend dienen die aus infoXpand gewonnenen Erkenntnisse als Ausgangspunkt für die Bewältigung künftiger Krisen an der Schnittstelle von Information und Epidemiologie und stärken die Rolle der interdisziplinären Modellierung in der evidenzbasierten öffentlichen Gesundheit.

5 Während der Durchführung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Berichtszeitraum erschien eine große Zahl neuer Arbeiten zum Zusammenspiel von Verhalten und Epidemiedynamik. Aufgrund der großen Menge an Veröffentlichungen zur COVID-19-Pandemie beanspruchen wir keine Vollständigkeit, geben aber die aus unserer Sicht relevantesten Fortschritte wieder. Eine wichtige Veröffentlichung, die wir bei unserer Recherche fanden, stellt ein Modell vor, welches die Epidemiedynamik explizit mit den Auswirkungen von Fehlinformationen kombiniert (DeVerna et al., 2025). Es handelt sich um ein agentenbasiertes Modell mit einem Kontaktnetzwerk mit 20 Millionen Knotenpunkten und integrierten Twitter- und Mobilitätsdaten. Es wurde quantifiziert wie Misinformationen die Krankheitsübertragung über Parameter wie Kontaktdichte und Übertragungswahrscheinlichkeit beeinflussen. Die Autor:innen schätzen, dass Misinformation das Maximum der Fallzahlen um den Faktor sechs verstärkte, es um zwei Wochen beschleunigte und dazu führen würde, dass zusätzlich 14% der US-Bevölkerung infiziert werden – was potenziell zusätzlichen Gesundheitskosten in Höhe von rund 143 Milliarden US-Dollar entspricht. Eine weitere Modellierungsstudie entwickelte bereits 2021 ein dreischichtiges Modell aus Meinungsdynamik, Verhaltensanpassung und Krankheitsdynamik (Du et al., 2021). Sie zeigt, dass soziale Medien einerseits das Bewusstsein für Infektionsrisiken über Meldungen von Fallzahlen stärken können, andererseits aber Fehlinformationen zu erhöhten Fallzahlen führen können. Dieses Modell wurde nicht mit Daten kalibriert und basiert auf einem einfachen Gitter; die Autor:innen kündigen jedoch an, es in Richtung höherer Realitätsnähe zu erweitern.

Weiter zeigte unsere Auswertung der Literatur, dass das Zusammenspiel zwischen Infodemie und Pandemie ein weiterhin sehr aktives Forschungsfeld bleibt. Allerdings fanden wir keine Publikation, die die Lücke für InfoXpands vorgeschlagenes integriertes Modellieren von Rückkopplungsschleifen zwischen Informations- und Krankheitsdynamik vollständig schließt. Ein Review aus 2024 zu Modellen mit endogenen Verhaltenskomponenten kommt ebenfalls zu dem Schluss, dass weiterhin unklar ist, was Verhalten in einer Pandemie genau bestimmt, und betont die Notwendigkeit multidisziplinärer

Zusammenarbeit, um akkuratere Modelle zu entwickeln Hamilton et al., 2024. Relevante Fortschritte umfassen Reviews und Analysen zu Mechanismen der Fehlinformationsverbreitung, zu den psychologischen und verhaltensbezogenen Folgen von Infodemien sowie den Einsatz moderner Methoden des maschinellen Lernens und der Graphanalyse zur Erkennung und Eindämmung von Fehlinformationen auf sozialen Medien Hussna et al., 2024; Unlu et al., 2025.

Abschließend haben wir festgestellt, dass sich der Fokus von Modellierungs- und Beobachtungsstudien leicht in Richtung von Pathogenen verschoben hat, die im Kontext antimikrobieller Resistenzen sowie anderer neu auftretender Infektionskrankheiten wie Mpox an Bedeutung gewinnen Ma et al., 2024; Petersen et al., 2025. Aus diesem Grund haben wir, basierend auf den Ergebnissen von infoXpand und RESPINOW, begonnen, den Effekt verhaltensbezogener Rückkopplungen in Mehrfach-Pathogen-Systemen sexuell übertragbarer Infektionen zu untersuchen Mallick et al., 2025b; L. Müller et al., 2025b.

6 Kooperationen und Vernetzung

Im Verlauf des Projekts waren interdisziplinäre Interaktion, Zusammenarbeit und Vernetzung von grundlegender Bedeutung. Diese Aktivitäten ermöglichten einen schnellen Austausch von Ideen innerhalb des Konsortiums, unterstützten die Verbreitung unserer Ergebnisse im deutschen MONID-Netzwerk sowie in der breiteren Gemeinschaft der Infektionskrankheiten- und Soziophysik-Forschung und trugen maßgeblich zur Ausbildung hochspezialisierter Nachwuchswissenschaftler:innen an der Schnittstelle von Sozialwissenschaften, Epidemiologie und Physik bei. Unter den verschiedenen Austauschformaten heben wir die folgenden besonders hervor:

- Wir nahmen in den Jahren 2023, 2024 und 2025 an den MONID-Konferenzen teil, bei denen wir unsere Forschungsergebnisse präsentierten, Feedback aus der wissenschaftlichen Gemeinschaft erhielten und uns an kollaborativen Diskussionen beteiligten. Diese Veranstaltungen boten wertvolle Gelegenheiten, um mit Modellierer:innen von Infektionskrankheiten aus ganz Deutschland in Kontakt zu treten, Ideen auszutauschen und über aktuelle Trends sowie Fortschritte in diesem Forschungsbereich informiert zu bleiben.
- Auf der DPG-Tagung 2025 organisierten wir zwei Fokus-Sessions. Die Session „Large Language Models, Social Dynamics, and Assessment of Complex Systems“ umfasste Beiträge zur Verbreitung von Fehlinformationen, zu gesellschaftlicher Polarisierung und zur Kontrolle von Infektionskrankheiten. Dabei kamen unter anderem LLM-gestützte agentenbasierte Simulationen, Kompartimentmodelle sowie datengetriebene Netzwerkanalysen zum Einsatz. Die Session „Self-Regulating and Learning Systems: From Neural to Social Networks“ untersuchte Mechanismen, durch die sich lebende Systeme ohne zentrale Steuerung selbst stabilisieren. Dazu gehörte auch unsere eigene Arbeit zu Rückkopplungsschleifen zwischen menschlichem Verhalten und der Ausbreitung von Krankheiten, ergänzt durch Präsentationen externer Referent:innen.
- Im Jahr 2025 organisierten wir ein Mini-Symposium zur Ausbreitung von Krankheiten auf der 16. Konferenz Dynamical Systems Applied to Biology and Natural Sciences (DSABNS) in Neapel, Italien. Das Symposium mit dem Titel „Complex Dynamics and Control in Behaviour-Driven Epidemics“ umfasste eine Reihe von Vorträgen sowohl unseres Teams als auch eingeladener Forschender aus verschiedenen Ländern und Institutionen. Diese Veranstaltung förderte anregende Diskussionen und interdisziplinäre Zusammenarbeit.
- Wir steuerten Vorträge und Poster zu zahlreichen weiteren Konferenzen bei, sowohl innerhalb Deutschlands als auch auf internationaler Ebene.
- Über den gesamten Projektzeitraum hinweg organisierten wir mehrere infoXpand-Workshops, Hackathons und Schreib-Marathons.
- Wir organisierten die Infodemics Pandemics Summer School (IPSS, 2023) in Lübeck, die über acht Tage vom 26. August bis zum 3. September 2023 stattfand. Dieses interdisziplinäre

Programm widmete sich dem Zusammenspiel zwischen Pandemien und Informationsverbreitung. Die Veranstaltung umfasste Plenarvorträge von Expert:innen aus unserem Konsortium sowie aus verwandten Fachgebieten und unterstützte die teilnehmenden Studierenden dabei, Projekte zu entwickeln und umzusetzen. Zu den Vortragenden zählten: Viola Priesemann, Peter Klimek, Pia Lamberty, Neil Ferguson, Berit Lange, Joshua Epstein, Fakhteh Ghanbarnejad, Alessandro Vespignani, Barbara Prainsack, Hendrik Wagenaar, Ginestra Bianconi, Kai Nagel, Mirjam Kretzschmar, Michael Mäs, Jana Lasser, André Calero Valdez, Christina Pagel, und Daniela Paolotti.

Veröffentlichung

Veröffentlichte Software und Dokumentation

In einem Querschnittsprojekt zwischen infoXpand und RESPINOW haben wir ICoMo entwickelt, eine Python-Bibliothek, die die unkomplizierte Implementierung von Kompartimentmodellen sowie von Inferenz-Frameworks für die Untersuchung von Mehrfach-Pathogen-Systemen mit komplexen Rückkopplungsschleifen und Optimierungsschemata ermöglicht. Wir haben diese Bibliothek in mehreren internen und konsortienübergreifenden Austauschformaten sowie auf den MONID-Konferenzen vorgestellt. Bibliothek und Tutorials sind verfügbar unter <https://icom.readthedocs.io/en/latest/>.

Veröffentlichte Arbeiten und Preprints

- Contreras, S., Dehning, J., & Priesemann, V. (2022a). Describing a landscape we are yet discovering. *ASTA Advances in Statistical Analysis*, 106(3), 399–402.
- Contreras, S., Iftekhar, E., & Priesemann, V. (2023a). From emergency response to long-term management: the many faces of the endemic state of COVID-19 [Advance online publication]. *The Lancet Regional Health - Europe*, 30, 100664. <https://doi.org/10.1016/j.lanep.2023.100664>
- Dehning, J., Mohr, S. B., Contreras, S., Dönges, P., Iftekhar, E. N., Schulz, O., Bechtle, P., & Priesemann, V. (2023). Impact of the Euro 2020 championship on the spread of COVID-19. *Nature Communications*, 14(1), 122. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-35512-x>
- Dönges, P., Götz, T., Kruchinina, N., Krüger, T., Niedzielewski, K., Priesemann, V., & Schäfer, M. (2024). SIR Model for Households. *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 84(4), 1460–1481. <https://doi.org/10.1137/23M1556861>
- Mortaga, M., Nunner, H., Paltra, S., Stellbrink, L., Friedel, J., Harries, M., Krepel, J., Lange, B., Group, M. S., Priesemann, V., et al. (2025). Social Media Polls on Twitter and Mastodon: Rapid Data Collection for Public Health. *medRxiv*, 2025–07.
- Müller, L., Mallick, P., Marín-Carballo, A. B., Dönges, P., Kettlitz, R. J., Klett-Tammen, C. J., Kretzschmar, M., Priesemann, V., & Contreras, S. (2025b). Testing Paradox May Explain Increased Observed Prevalence of Bacterial STIs among MSM on HIV PrEP: A Modeling Study. *arXiv preprint arXiv:2505.24433*.
- Oróstica, K. Y., Contreras, S., Sanchez-Daza, A., Fernandez, J., Priesemann, V., & Olivera-Nappa, Á. (2022). New year, new SARS-CoV-2 variant: Resolutions on genomic surveillance protocols to face Omicron. *The Lancet Regional Health - Americas*, 7.
- Oróstica, K. Y., Mohr, S. B., Dehning, J., Bauer, S., Medina-Ortiz, D., Iftekhar, E. N., Mujica, K., Covarrubias, P. C., Ulloa, S., Castillo, A. E., Daza-Sánchez, A., Verdugo, R. A., Fernández, J., Olivera-Nappa, Á., Priesemann, V., & Contreras, S. (2024). Early mutational signatures and transmissibility of SARS-CoV-2 Gamma and Lambda variants in Chile. *Scientific Reports*, 14(1), 16000. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66885-2>
- Reitenbach, A., Sartori, F., Banisch, S., Golovin, A., Calero Valdez, A., Kretzschmar, M., Priesemann, V., & Mäs, M. (2024). Coupled infectious disease and behavior dynamics. A review of model assumptions. *Reports on Progress in Physics*, 88(1), 016601. <https://doi.org/10.1088/1361-6633/ad90ef>

- Wagner, J., Bauer, S., Contreras, S., Fleddermann, L., Parlitz, U., & Priesemann, V. (2025). Societal self-regulation induces complex infection dynamics and chaos. *Phys. Rev. Res.*, 7, 013308. <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.7.013308>
- Zierenberg, J., Paul Spitzner, F., Dehning, J., Priesemann, V., Weigel, M., & Wilczek, M. (2023). How contact patterns destabilize and modulate epidemic outbreaks. *New Journal of Physics*, 25(5), 053033. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/acd1a7>
- Zunker, H., Dönges, P., Lenz, P., Contreras, S., & Kühn, M. J. (2025). Risk-mediated dynamic regulation of effective contacts de-synchronizes outbreaks in metapopulation epidemic models. *Chaos, Solitons & Fractals*, 199, 116782.

Geplante Arbeiten

- Contreras, S. e. a. (2025). *Mechanics of pandemics: lessons learned from COVID-19 and beyond* [in preparation].
- Golovin, A., Mohr, S. B., Gottwald, A. I., Trivedi, S., Schneider, A., & Priesemann, V. (2026). TeraGram: A Structured Large-Scale Telegram Dataset [in preparation].
- Mallick, P., Dehning, J., & Priesemann, V. (2025a). *Inferring Voluntary and Mandated Behavioral Responses during the COVID-19 Pandemic: A Bayesian Multi-Country Study* [in preparation].
- Mallick, P., Müller, L., Marín-Carballo, A. B., Dönges, P., Priesemann, V., & Contreras, S. (2025b). *A minimal model for the effect of risk compensation among risk groups in epidemics of sexually transmitted infections* [in preparation].
- Müller, L., Sartori, F., Dehning, J., Egl, M. F., & Priesemann, V. (2025a). *Systematic Optimization of Infectious Disease Mitigation given Seasonality, Vaccination, and Delayed Response* [in preparation].
- Paltra, S. e. a. (2025a). *Bimodal Contact Reductions and Social Homophily during COVID-19* [in preparation].
- Paltra, S. e. a. (2025b). *Inferring Local Differences in Reduction of Out-of-Home Duration from COVID-19 Disease Spread* [in preparation].
- Reitenbach, A. e. a. (2025). *Scenario analysis of influence-response functions in behaviour-driven epidemics* [in preparation].
- Sartori, F. e. a. (2025a). *Beyond Averages: The detrimental Effects of Polarization and Homophily on Pandemics* [in preparation].
- Sartori, F. e. a. (2025b). *Heterogeneity in citizens' reactions to others' protective behavior affects disease dynamics* [in preparation].

Abschlussarbeiten

- Barone, D. (2023). *Physics of epidemics on contact networks with spatial and temporal features* [Magisterarb., Università Degli Studi Di Padova].
- Behnke, J. (2025). *Dynamic topic modeling using Sentence Transformers on Covid-19-related Telegram messages* [B.Sc. Thesis]. University of Göttingen.
- Dehning, J. (2024). *Inferring spreading dynamics of diseases and in neural networks* [Diss., University of Göttingen].
- Friedel, J. (2025). *Global information organization emerging from topology-restricted active inference* [Magisterarb., University of Göttingen].
- Golovin, A. (n. d.). *Inferring interaction kernels in coupled infectious disease and behavior models* [(2026 – planned) Ph.D Thesis]. University of Göttingen.
- Iftexhar, E. N. (2024). *Coupled dynamics of the spread of COVID-19, interventions and human behaviour* [Diss., University of Göttingen].
- Mallick, P. (n. d.). *Complex Interactions of Infectious Disease and Social Dynamics* [(2026 – planned) Ph.D Thesis]. University of Göttingen.
- Mohr, S. B. (2024). *Inference of Modular Structures in Dynamical Systems and the Application to Telegram Data* [Magisterarb., University of Göttingen].

Müller, L. (2024). *Optimizing pandemic mitigation in the presence of seasonality and variants*
[Magisterarb., University of Göttingen].