

NTI-Papier

NOVEMBER 2021

Stärkung globaler Systeme zur Vorbeugung und Reaktion auf schwerwiegende biologische Bedrohungen

*Ergebnisse der gemeinsam mit der Münchner
Sicherheitskonferenz durchgeführten Tabletop-Übung 2021*

ZUSAMMENFASSUNG

Im März 2021 hat sich NTI mit der Münchner Sicherheitskonferenz zusammengesetzt, um eine Tischübung zur Reduzierung schwerwiegender biologischer Bedrohungen durchzuführen. Die Übung untersuchte Lücken in nationalen und internationalen Biosicherheits- und Pandemievorsorgearchitekturen und untersuchte Möglichkeiten zur Verbesserung der Präventions- und Reaktionsfähigkeiten für schwerwiegende biologische Ereignisse. Dieser Bericht fasst das Übungsszenario, die wichtigsten Ergebnisse der Diskussion und umsetzbare Empfehlungen für die internationale Gemeinschaft zusammen.

**Jaime M. Yassif, Ph.D. Kevin
P. O'Prey, Ph.D. Christopher
R. Isaac, M.Sc.**

NTI:bio

Wir sind Open Philanthropy dankbar. Ohne ihre großzügige Unterstützung wären die Übung und der Bericht nicht möglich gewesen.



Copyright © 2021 Nuclear Threat Initiative



Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License lizenziert.

Die in dieser Veröffentlichung geäußerten Ansichten spiegeln nicht notwendigerweise die des NTI-Vorstands oder der Institutionen wider, mit denen sie verbunden sind.

Inhalt

Danksagungen	3
Vorwort	4
Zusammenfassung	6
Über die Übung	8
Zusammenfassung der Übungsdiskussion und Ergebnisse	14
Empfehlungen	22
Anhang A. Sachkundige Mitwirkende an der Szenarioentwicklung	27
Anhang B. Zusammenfassung des epidemiologischen Modells	28
Über die Autoren	32

Danksagungen

T Die Autoren bedanken sich für die Unterstützung derer, die maßgeblich an der Entwicklung und Durchführung dieser Tischübung für Senioren beteiligt waren. Zunächst möchten wir unseren Partnern auf der Münchner Sicherheitskonferenz danken, die diese Übung gemeinsam mit NTI ausgerichtet haben. Wir sind auch den Übungsteilnehmern dankbar, deren wertvolle Erkenntnisse, Fachwissen und Engagement für den Erfolg dieses Projekts entscheidend waren. Wir danken auch Talus Analytics für die Entwicklung des epidemiologischen Modells, das dieser Übung zugrunde liegt, unseren Fachberatern, die früh im Prozess über das Design des Übungsszenarios informiert haben, und Long Story Short für die Erstellung der Übungsvideos.

Bei der Nuclear Threat Initiative (NTI) möchten wir den Mitgliedern des Projektteams danken, die maßgeblich zum Erfolg dieses Projekts beigetragen haben. Dr. Andrew Hebbeler, der jetzt in der Regierung des Büros für Wissenschafts- und Technologiepolitik des Weißen Hauses tätig ist, leitete gemeinsam mit Dr. Jaime M. Yassif die Entwicklung und Planung dieser Übung. Dr. Kevin P. O'Prey moderierte die szenariobasierte Übung, beriet zusätzlich zur Übungsplanung und verfasste gemeinsam diesen Bericht. Christopher R. Isaac leistete wertvolle Forschungsunterstützung für dieses Projekt, und Amanda Cogan war maßgeblich an der Organisation der Übungsveranstaltung beteiligt. Rachel Staley Grant vom NTI-Kommunikationsteam leitete die Entwicklung der Videoproduktion für diese Übung und lieferte zusammen mit Mimi Hall wertvolle Kommentare zu diesem Manuskript und leitete den Veröffentlichungsprozess des Berichts.

Wir sind Open Philanthropy für ihre Unterstützung dieses Projekts im Rahmen ihrer kontinuierlichen Unterstützung unserer Arbeit zur Verringerung globaler katastrophaler biologischer Risiken dankbar.

Jaime M. Yassif, Ph.D.

Senior Fellow, Global Biological Policy and Programs, NTI

Kevin P. O'Prey, Ph.D.

Geschäftsführender Gesellschafter, The Palisades Group, LLC

Christopher R. Isaac, M.Sc.

Programmassistent, globale biologische Politik und Programme, NTI

Vorwort

ÖIn den letzten zwei Jahren war die Welt mit den verheerenden Auswirkungen konfrontiert, die ein biologisches Ereignis auf die menschliche Gesundheit, die Wirtschaft und die politische Stabilität haben kann. Zum jetzigen Zeitpunkt hat das SARS-CoV-2-Virus mehr als 250 Millionen Menschen infiziert, mehr als fünf Millionen Menschen getötet und Billionen von Dollar an wirtschaftlichen Verlusten verursacht. COVID-19 hat gezeigt, dass die nationalen Regierungen und die internationale Gemeinschaft beklagenswert unvorbereitet sind, auf Pandemien zu reagieren – was unsere gemeinsame Anfälligkeit für zukünftige katastrophale biologische Bedrohungen unterstreicht, die die schwerwiegenden Folgen der aktuellen Pandemie treffen oder übertreffen könnten.

Obwohl sich die nationalen und globalen Führer angemessen auf die unmittelbaren Anforderungen der COVID-19-Reaktion konzentrieren, kann die internationale Gemeinschaft die Umsetzung der notwendigen Schritte zum Schutz vor zukünftigen biologischen Bedrohungen nicht aufschieben. Dies muss die Erkenntnis einschließen, dass, während es natürlich entsteht

Pandemien weiterhin eine erhebliche Bedrohung darstellen, könnte die nächste globale Katastrophe durch den vorsätzlichen Missbrauch der Werkzeuge der modernen Biologie oder durch einen Laborunfall verursacht werden. Grundsätzlich ist die Stärkung der Bereitschaft jeder Nation zur Bewältigung dieser Herausforderungen eine humanitäre Notwendigkeit im kollektiven Eigeninteresse der internationalen Gemeinschaft. Selbst die am besten vorbereiteten Nationen werden verwundbar bleiben, solange in Ländern auf der ganzen Welt erhebliche Lücken bei der Biosicherheit und der Vorbereitung auf Pandemien bestehen. Wir sind nur so sicher wie unser schwächstes Glied.

Wissenschaftliche und politische Führer müssen mutige Maßnahmen ergreifen, um die globale Biowissenschaft zu schützen und biotechnologische Forschung und Entwicklung Unternehmen zu gewährleisten das katastrophal Unfälle oder vorsätzlicher Missbrauch führen nicht zum nächsten Global Pandemie.

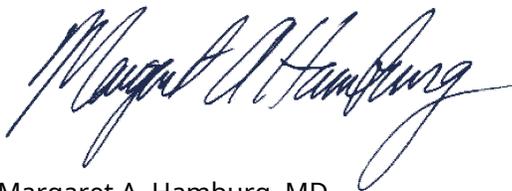
Die Welt hat miterlebt, wie globales Reisen, Handel, Verstädterung und Umweltzerstörung die Entstehung und Ausbreitung von Bedrohungen durch Infektionskrankheiten fördern können. Die ernsthaften Risiken, die in die biowissenschaftliche Forschung und technologische Fortschritte eingebettet sind, die entscheidende Möglichkeiten bieten, diesen Risiken entgegenzuwirken, sind jedoch noch immer weniger bekannt. Biowissenschaftliche und biotechnologische Fortschritte bieten zwar enorme potenzielle Vorteile, bieten aber auch Möglichkeiten für die versehentliche Freisetzung oder den vorsätzlichen Missbrauch von biologischen Wirkstoffen, die genauso viel oder mehr Schaden anrichten könnten als COVID-19. Führende Wissenschaftler und Politiker müssen mutige Maßnahmen ergreifen, um das globale biowissenschaftliche und biotechnologische Forschungs- und Entwicklungsunternehmen zu schützen und sicherzustellen, dass katastrophale Unfälle oder vorsätzlicher Missbrauch nicht zur nächsten globalen Pandemie führen.

Um die internationalen Fähigkeiten zur Reaktion auf die nächste Pandemie zu stärken, müssen nationale und globale Führungskräfte eine stärkere öffentliche Gesundheit und Medizin aufbauen Reaktionskapazitäten, die so skaliert werden können, dass biologische Ereignisse mit sehr schwerwiegenden Folgen angegangen werden können – möglicherweise um Größenordnungen schwerwiegender als das, was wir in den letzten zwei Jahren erlebt haben. Wir können es uns nicht leisten, reaktiv zu sein. Wir müssen unser öffentliches Gesundheitswesen und unsere medizinischen Systeme so gestalten, dass sie vorausschauend sind und angesichts der Unsicherheit energisch und proaktiv reagieren – und dabei das verfolgen, was humanitäre und Krisenreaktionsgemeinschaften als „kein Bedauern“-Ansatz beschreiben.

NTI erkennt die entscheidende Bedeutung der Stärkung der globalen Biosicherheits- und Pandemievorsorgearchitektur an. Zu diesem Zweck konzentriert sich NTI darauf, die Entwicklung stärkerer internationaler Biosicherheits- und Pandemievorsorgekapazitäten zu katalysieren, damit die Welt besser in der Lage ist, zukünftige biologische Risiken zu verhindern und darauf zu reagieren. Um wichtige Lücken in Schlüsselbereichen zu schließen, arbeitet NTI mit internationalen Partnern zusammen:

- Einrichtung einer neuen globalen Biosicherheitsorganisation, die sich der Reduzierung neu auftretender biologischer Risiken widmet, die mit bestimmten technologischen Fortschritten einhergehen können. Seine Aufgabe wird es sein, die Risiken katastrophaler Folgen aufgrund von Unfällen, versehentlichem Missbrauch oder vorsätzlichem Missbrauch von Biowissenschaften und Biotechnologie zu verringern, indem strengere globale Biosicherheitsnormen gefördert und Instrumente und Anreize zu ihrer Einhaltung entwickelt werden.
- Untersuchung der Möglichkeit zur Einrichtung eines neuen gemeinsamen Bewertungsmechanismus zur Untersuchung schwerwiegender biologischer Ereignisse unbekanntem Ursprungs. Dieser neue Mechanismus würde an der „Nahtstelle“ zwischen bestehenden Mechanismen operieren – einschließlich der Kapazitäten zur Untersuchung von Ausbrüchen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und des Mechanismus des Generalsekretärs der Vereinten Nationen zur Untersuchung des mutmaßlichen vorsätzlichen Einsatzes von Biowaffen – und dadurch die Fähigkeiten des UN-Systems zur Untersuchung von Pandemieursprüngen stärken.
- Sich für die Einrichtung eines katalytischen, multilateralen Finanzierungsmechanismus für globale Gesundheitssicherheit und Pandemievorsorge einzusetzen. Ziel ist es, den Aufbau nachhaltiger Biosicherheits- und Pandemievorsorgekapazitäten in Ländern zu beschleunigen, in denen Ressourcen am dringendsten benötigt werden.

Um diese Probleme weiter zu untersuchen, hat sich NTI in den letzten drei Jahren mit der Münchner Sicherheitskonferenz (MSC) zusammengetan, um jährliche Tabletop-Übungen zu veranstalten, die sich auf die Reduzierung schwerwiegender biologischer Bedrohungen konzentrieren. NTI und MSC haben gemeinsam internationale Führungskräfte und Experten zusammengerufen, um Lücken in der globalen Biosicherheits- und Pandemievorsorgearchitektur zu untersuchen und Möglichkeiten zur Deckung dringender Bedürfnisse zu identifizieren. Dieser Bericht teilt die Lehren aus unserer Übung 2021.



Margaret A. Hamburg, MD
Interims-Vizepräsident, Global Biological Policy and Programs
Nuclear Threat Initiative

Zusammenfassung

ich im März 2021 hat sich die Nuclear Threat Initiative (NTI) mit der Münchner Sicherheitskonferenz (MSC) zusammengetan, um eine Tischübung zur Reduzierung schwerwiegender biologischer Bedrohungen durchzuführen. Die virtuell durchgeführte Übung untersuchte Lücken in nationalen und internationalen Biosicherheits- und Pandemievorsorgearchitekturen und erkundete Möglichkeiten zur Verbesserung der Fähigkeiten zur Vorbeugung und Reaktion auf schwerwiegende biologische Ereignisse. Zu den Teilnehmern gehörten 19 hochrangige Führungskräfte und Experten aus ganz Afrika, Amerika, Asien und Europa mit jahrzehntelanger kombinierter Erfahrung in den Bereichen öffentliche Gesundheit, Biotechnologieindustrie, internationale Sicherheit und Philanthropie.

Das Übungsszenario zeigte eine tödliche, globale Pandemie mit einem ungewöhnlichen Stamm des Affenpockenvirus, der in der fiktiven Nation Brinia auftauchte und sich über 18 Monate weltweit ausbreitete. Letztendlich zeigte das Übungsszenario, dass der ursprüngliche Ausbruch durch einen Terroranschlag verursacht wurde, bei dem ein Krankheitserreger verwendet wurde, der in einem Labor mit unzureichenden Biosicherheits- und Biosicherheitsbestimmungen und schwacher Aufsicht hergestellt wurde. Am Ende der Übung führte die fiktive Pandemie weltweit zu mehr als drei Milliarden Fällen und 270 Millionen Todesfällen.

Die Diskussion unter den Übungsteilnehmern führte zu den folgenden zentralen Erkenntnissen:

- **Schwache globale Erkennung, Bewertung und Warnung vor Pandemierisiken.** Die internationale Gemeinschaft benötigt ein robusteres, transparenteres Erkennungs-, Bewertungs- und Frühwarnsystem, das schnell umsetzbare Informationen über Pandemierisiken übermitteln kann.
- **Lücken in der Vorbereitung auf nationaler Ebene.** Die nationalen Regierungen sollten die Bereitschaft verbessern, indem sie auf nationaler Ebene Pandemie-Reaktionspläne entwickeln, die auf einem kohärenten System von „Auslösern“ aufbauen, die trotz Unsicherheit und kurzfristiger Kosten zu vorausschauenden Maßnahmen führen – mit anderen Worten, auf einer „No-regrets“-Basis.
- **Lücken in der Steuerung der biologischen Forschung.** Das internationale System zur Regelung der biologischen Forschung mit doppeltem Verwendungszweck ist weder auf die heutigen Sicherheitsanforderungen noch auf deutlich erweiterte Herausforderungen in der Zukunft vorbereitet. Während des gesamten Lebenszyklus der biowissenschaftlichen Forschung und Entwicklung besteht Bedarf zur Risikominderung.
- **Unzureichende Finanzierung der internationalen Vorbereitung auf Pandemien.** Vielen Ländern auf der ganzen Welt mangelt es an Finanzmitteln, um wesentliche nationale Investitionen in die Pandemievorsorge zu tätigen.

Um diesen Befunden zu begegnen, haben die Autoren die folgenden Empfehlungen entwickelt.

1 Stärkung internationaler Systeme zur Risikobewertung, Warnung und Untersuchung der Ursachen von Pandemien

- Die WHO sollte ein abgestuftes, transparentes, internationales Warnsystem für die öffentliche Gesundheit einrichten.
- Das System der Vereinten Nationen (UN) sollte einen neuen Mechanismus zur Untersuchung schwerwiegender biologischer Ereignisse unbekanntem Ursprungs einrichten, den wir als „Joint Assessment Mechanism“ bezeichnen. (Mehr zum Joint Assessment Mechanism finden Sie auf Seite 22.)

2 Entwicklung und Einführung von Auslösern auf nationaler Ebene für eine frühzeitige, proaktive Reaktion auf eine Pandemie

- Die nationalen Regierungen müssen bei der Reaktion auf eine Pandemie einen „No-regrets“-Ansatz verfolgen und vorausschauende Maßnahmen ergreifen – anstatt auf steigende Fallzahlen und Todesfälle zu reagieren, die nachlaufende Indikatoren sind.
- Um vorausschauende Maßnahmen ohne Bedauern zu erleichtern, sollten nationale Regierungen Pläne auf nationaler Ebene entwickeln, die „Auslöser“ für die Reaktion auf schwerwiegende biologische Ereignisse definieren und einbeziehen. (Mehr über „Trigger“ finden Sie auf Seite 17.)

3 Gründung einer internationalen Einheit, die sich der Reduzierung neu auftretender biologischer Risiken im Zusammenhang mit schnellen technologischen Fortschritten verschrieben hat

- Die internationale Gemeinschaft sollte eine Einrichtung gründen, die sich der Verringerung des Risikos katastrophaler Ereignisse aufgrund von Unfällen oder vorsätzlichem Missbrauch von Biowissenschaften und Biotechnologie widmet.
- Um das Risiko sinnvoll zu reduzieren, sollte das Unternehmen Interventionen während des gesamten biowissenschaftlichen und biotechnologischen Forschungs- und Entwicklungslebenszyklus unterstützen – von der Finanzierung über die Durchführung bis hin zur Veröffentlichung oder Kommerzialisierung.

4 Aufbau eines katalytischen globalen Gesundheitssicherheitsfonds, um den Aufbau von Kapazitäten zur Vorbereitung auf Pandemien in Ländern auf der ganzen Welt zu beschleunigen

- Nationale Führer, Entwicklungsbanken, philanthropische Spender und der Privatsektor sollten einen neuen Finanzierungsmechanismus einrichten und mit Ressourcen ausstatten, um die globale Gesundheitssicherheit und die Pandemievorsorge zu stärken.
- Das Design und der Betrieb des Fonds sollten katalytisch sein – nationale Regierungen dazu anregen, langfristig in ihre eigene Vorsorge zu investieren.

5 Etablieren Sie einen robusten internationalen Prozess, um die Herausforderung der Resilienz der Lieferkette anzugehen

- Der UN-Generalsekretär sollte ein hochrangiges Gremium einberufen, um Empfehlungen für entscheidende Maßnahmen zu entwickeln, um die Widerstandsfähigkeit der globalen Lieferkette für medizinische und öffentliche Gesundheitsversorgung zu stärken.

Dieser Bericht ist in drei Teile gegliedert: Der erste ist eine Beschreibung des Übungsdesigns und -szenarios; der zweite ist eine Zusammenfassung der Übungsdiskussionen und der damit verbundenen Ergebnisse; und das dritte ist eine Reihe von Empfehlungen, die von den Autoren entwickelt wurden, um die identifizierten Lücken und Anforderungen anzugehen. NTI entwickelte diese Empfehlungen nach Abschluss der Veranstaltung; Die Teilnehmer waren nicht an ihrer Entwicklung beteiligt und wurden nicht gebeten, sie zu unterstützen. Die Anhänge enthalten eine Liste der Experten, die den Übungsentwicklungsprozess unterstützt haben (Anhang A), sowie technische Details über das epidemiologische Modell (Anhang B), das verwendet wurde, um dieses fiktive Szenario einer Affenpockenpandemie zu informieren.

Über die Übung

ich im März 2021 führte NTI eine Tabletop-Übung zur Reduzierung hochkonsequenter biologischer Bedrohungen durch, die dritte in einer Reihe von jährlichen Kooperationen zwischen NTI und der Münchner Sicherheitskonferenz. Die Übung untersuchte Lücken in nationalen und internationalen Biosicherheits- und Pandemievorsorgearchitekturen und erkundete Möglichkeiten zur Verbesserung der Fähigkeiten zur Vorbeugung und Reaktion auf schwerwiegende biologische Ereignisse. An der Übung nahmen 19 hochrangige Führungskräfte und Experten aus ganz Afrika, Amerika, Asien und Europa mit jahrzehntelanger kombinierter Erfahrung in den Bereichen öffentliche Gesundheit, Biotechnologieindustrie, internationale Sicherheit und Philanthropie teil. (Die Liste der Übungsteilnehmer finden Sie im Kasten auf Seite 9.)

Übungsszenario

Das Übungsszenario wurde in Absprache mit technischen und politischen Experten entwickelt und stellte eine tödliche, globale Pandemie dar, an der ein ungewöhnlicher Stamm des Affenpockenvirus beteiligt ist, der zuerst im fiktiven Land Brinia auftritt und sich schließlich weltweit ausbreitet. Später in der Übung zeigt das Szenario, dass der ursprüngliche Ausbruch durch einen Terroranschlag verursacht wurde, bei dem ein Krankheitserreger verwendet wurde, der in einem Labor mit unzureichenden Biosicherheits- und Biosicherheitsbestimmungen und schwacher Aufsicht hergestellt wurde. Das Übungsszenario endet mit mehr als drei Milliarden Fällen und 270 Millionen Todesfällen weltweit. Als Teil des Szenarioentwicklungsprozesses führte NTI im Dezember 2020 eine virtuelle Konsultation mit Experten durch. (Siehe Anhang A für die Liste der teilnehmenden Experten.)

Die Übung wurde für die Teilnehmer entwickelt, um:

- Erörterung der Anforderungen an internationale Architekturen in Bezug auf eine wissenschaftsbasierte, frühzeitige Bewertung neu auftretender Pandemierisiken und rechtzeitige internationale Warnungen und Warnungen vor potenziellen Pandemien.
- Untersuchen Sie die Bedingungen, die nationale Pandemie-Reaktionsmaßnahmen auslösen sollten, und diskutieren Sie Strategien und Herausforderungen für die Skalierung von Interventionen im Bereich der öffentlichen Gesundheit.
- Optionen erwägen, um biotechnologische Risiken zu verringern und die Aufsicht über biowissenschaftliche Forschung mit doppeltem Verwendungszweck zu stärken.
- Erkunden Sie Möglichkeiten zur Stärkung internationaler Finanzierungsmechanismen, um die Bereitschaft zur globalen Gesundheitssicherheit zu stärken.



Das fiktive Übungsszenario entfaltete sich in einer Reihe von kurzen Nachrichtenvideos, auf die die Teilnehmer reagierten.

2021 NTI-MUNICH SECURITY CONFERENCE TABLETOP ÜBUNG TEILNEHMER

ÜBUNGS-CO-STÜHLE

Dr. Ernst J. Moniz Co-Vorsitzender und CEO
Nuclear Threat Initiative
Ehemaliger US-Energieminister

Botschafter Wolfgang Ischinger
Vorsitzende
Münchener Sicherheitskonferenz

TEILNEHMER

Herr Arnaud Bernaert
Leiter, Health Security Solutions
SICPA

Dr. Beth Cameron
Leitender Direktor, Büro für globale Gesundheitssicherheit und Bioverteidigung
Nationaler Sicherheitsrat der USA

Herr Luc Debruyne
Strategischer Berater der CEO Coalition
for Epidemic Preparedness

Dr. Ruxandra Draghia-Akli
Globaler Leiter
Johnson & Johnson Global Public Health F&E
Janssen Forschung & Entwicklung

Dr. Chris Elias
Präsidentin der Abteilung Globale Entwicklung
der Bill & Melinda Gates Foundation

Sir Jeremy Farrar
Direktor
Willkommen Vertrauen

Dr. George Gao
Generaldirektor, Chinesisches Zentrum für die Kontrolle und Prävention von Krankheiten (China CDC)
Vizepräsident der National Natural Science Foundation of China (NSFC)
Direktor und Professor, CAS-Schlüssellabor für pathogene Mikrobiologie und Immunologie, Institut für Mikrobiologie, Dekan der Chinesischen Akademie der Wissenschaften, Medizinische Fakultät, Universität der Chinesischen Akademie der Wissenschaften

Dr. Margaret (Peggy) A. Hamburg
Interims-Vizepräsident
Globale biologische Politik und Programme, Nuclear Threat Initiative
Ehemaliger Kommissar der US Food and Drug Administration

Frau Angela Kane
Gastprofessor
Paris School of International Affairs (SciencesPo) und Tsinghua University

Dr. Emily Leproust
CEO und Mitgründer
Twist Biowissenschaften

Dr. Elisabeth Leiß
Stellvertretender Direktor der Abteilung Governance und Konflikte
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)

Frau Izumi Nakamitsu
Untergeneralsekretär und Hoher Vertreter für Abrüstungsangelegenheiten
Büro der Vereinten Nationen für Abrüstungsfragen

Dr. John Nkengasong
Direktor
Afrikanische Zentren für die Kontrolle und Prävention von Krankheiten

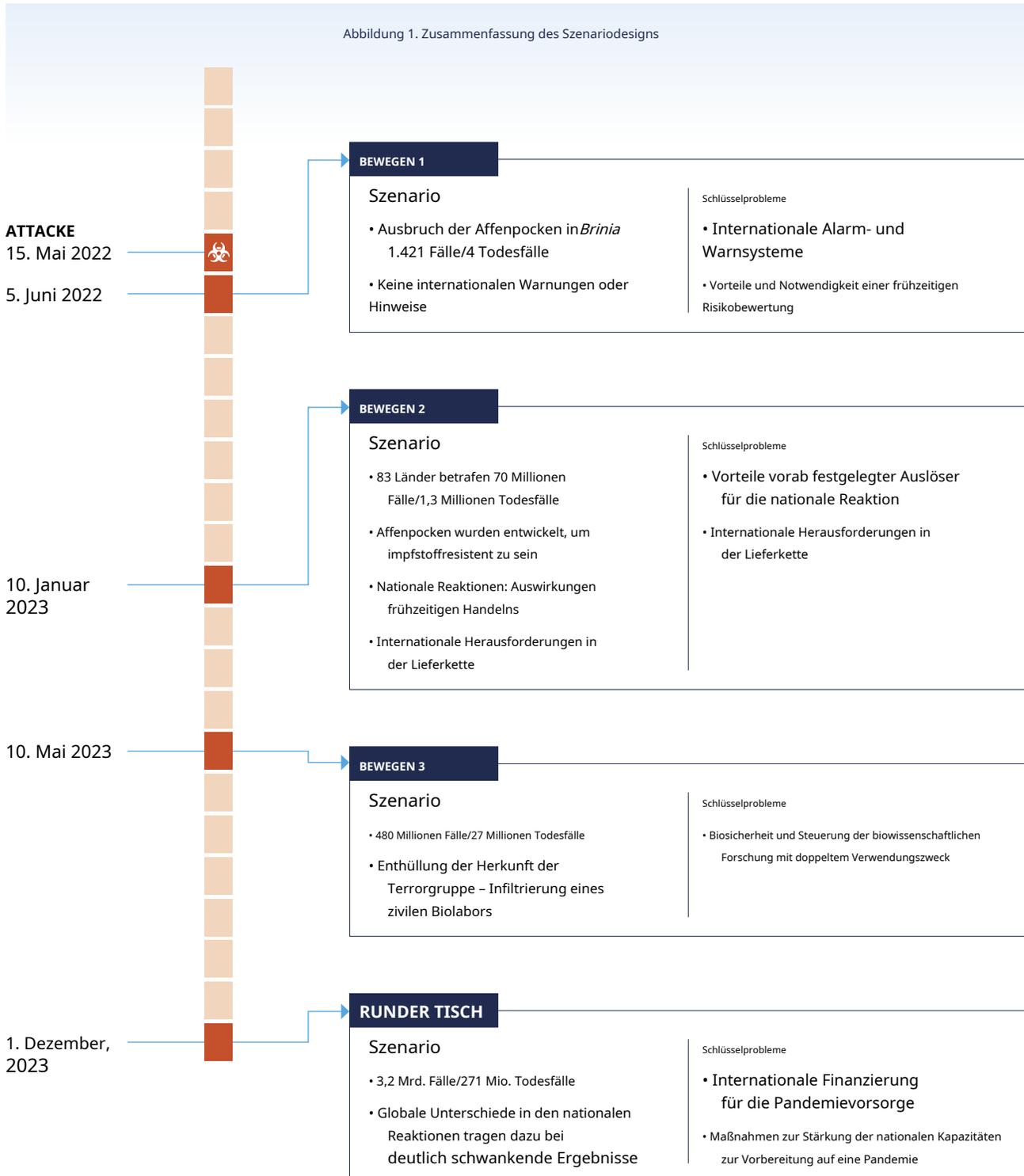
Sam Nunn
Gründer und Co-Vorsitzender
Nuclear Threat Initiative
Ehemaliger US-Senator

Dr. Michael Ryan
Geschäftsführer
Gesundheitsnotfallprogramm der WHO

Dr. Freude St. John
Geschäftsführer
KARPHA

Dr. Petra Wicklandt
Leiter Corporate Affairs
Merck KGaA

Die Diskussion war in drei aufeinanderfolgende „Züge“ gegliedert, die den Szenarioentwicklungen entsprachen, gefolgt von einer Diskussion am runden Tisch über allgemeinere Fragen der Biosicherheit und der Vorbereitung auf Pandemien. Der schrittweise Ansatz zur Aufdeckung von Szenarioentwicklungen spiegelte die Einschränkungen der Informationen wider, die Entscheidungsträgern in der realen Welt zur Verfügung stehen, sowie die daraus resultierende Unsicherheit im Zusammenhang mit einer Pandemie unbekanntem Ursprungs (siehe Abbildung 1).



Bewegung 1 (Juni 2022 zur Szenariozeit) beginnt mit einem ungewöhnlichen Ausbruch von Affenpocken in Brinia (250 Millionen Einwohner) mit Berichten über 1.421 Fälle und vier Todesfälle. Es gibt keine unmittelbaren Hinweise auf eine internationale Ausbreitung, aber der Ausbruch findet während eines Nationalfeiertags mit ausgedehnten nationalen und internationalen Reisen von Brinianern statt. Da Affenpocken in Brinia nicht natürlich vorkommen, halten lokale und internationale Experten diesen Ausbruch für ungewöhnlich. Die Regierung von Brinia begrüßt internationale Untersuchungen zum Ausbruch und bittet um medizinische Unterstützung durch die WHO. Die Genomsequenzierung von Proben von Affenpockenpatienten zeigt, dass der Stamm in Brinia Mutationen enthält, die ihn gegen vorhandene Impfstoffe resistent machen.

Die anschließende Diskussion befasste sich mit der Frage, wie das internationale System aufgestellt ist, um erste Indikatoren für das Pandemierisiko zu analysieren und entsprechende Warnungen zu kommunizieren.

Bewegung 2 (Januar 2023) tritt sechs Monate später auf, zu diesem Zeitpunkt hat sich das Virus in 83 Ländern mit 70 Millionen gemeldeten Fällen verbreitet und mehr als 1,3 Millionen Todesfälle verursacht. Da keine wirksamen Therapien oder Impfstoffe bekannt sind, mussten sich die Länder hauptsächlich auf nicht-pharmazeutische Interventionen (NPIs) verlassen, um die Auswirkungen der Pandemie abzumildern. Einige Regierungen, darunter die fiktive Republik Dranma, hoben deutlich unterschiedliche nationale Ergebnisse bei der Bewältigung der Pandemie hervor und ergriffen umgehend aggressive Maßnahmen zur Verlangsamung der Virusübertragung, indem sie Massenversammlungen schlossen, Maßnahmen zur sozialen Distanzierung verhängten und Maskenpflichten einführten. Diese Länder haben auch groß angelegte Test- und Kontaktverfolgungsoperationen eingerichtet und ihre Gesundheitssysteme ausgebaut, um die erwarteten steigenden Fallzahlen zu unterstützen. Im Gegensatz dazu zeigt das Szenario eine andere Gruppe von Ländern, darunter das fiktive Cardus, die es priorisiert haben, ihre Volkswirtschaften offen zu halten, wenig bis gar keine NPIs zu unternehmen und das Virus und seine potenziellen Auswirkungen herunterzuspielen. Diese Länder haben in Bezug auf Krankheit und Sterblichkeit viel schlechtere Ergebnisse erlebt (Abbildung 2) als diejenigen, die früh und energisch reagiert haben. Wie Abbildung 3 zeigt, gab es bei Dranma weitaus weniger Fälle und Todesfälle als bei Cardus.

Die Teilnehmerdiskussion in Move 2 konzentrierte sich auf die Untersuchung der Bedingungen, die nationale Maßnahmen zur Reaktion auf Pandemien auslösen sollten, und auf die Erörterung von Strategien und Herausforderungen für die Skalierung von Interventionen im Bereich der öffentlichen Gesundheit.

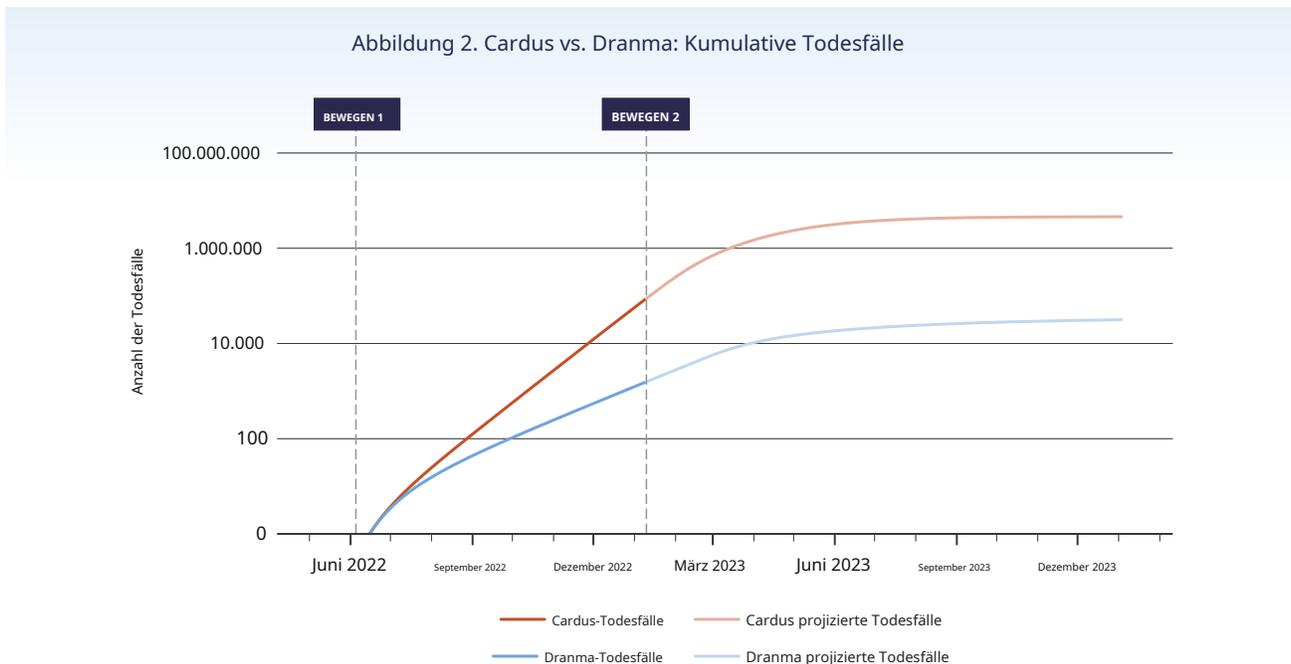
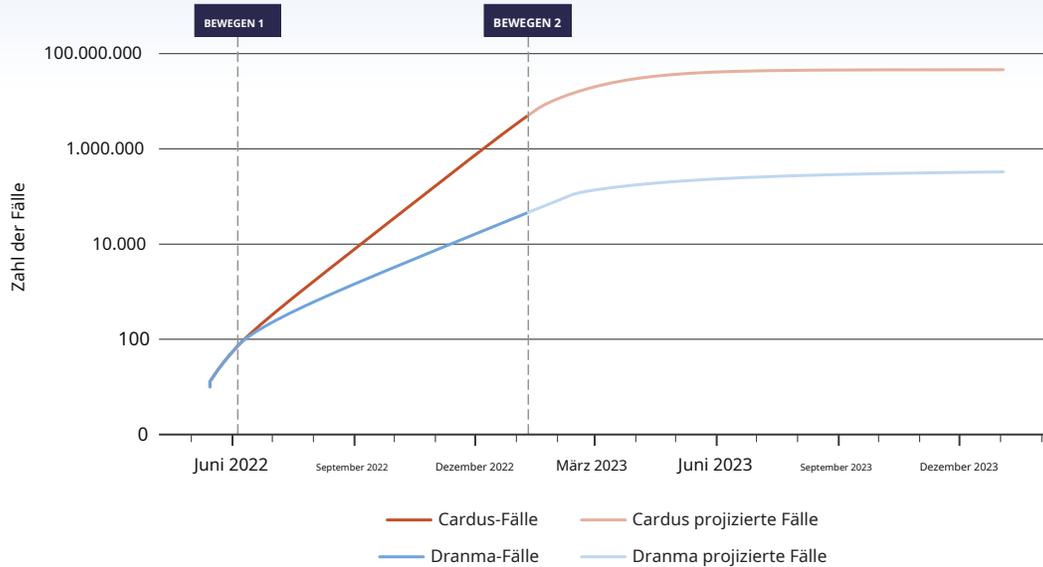
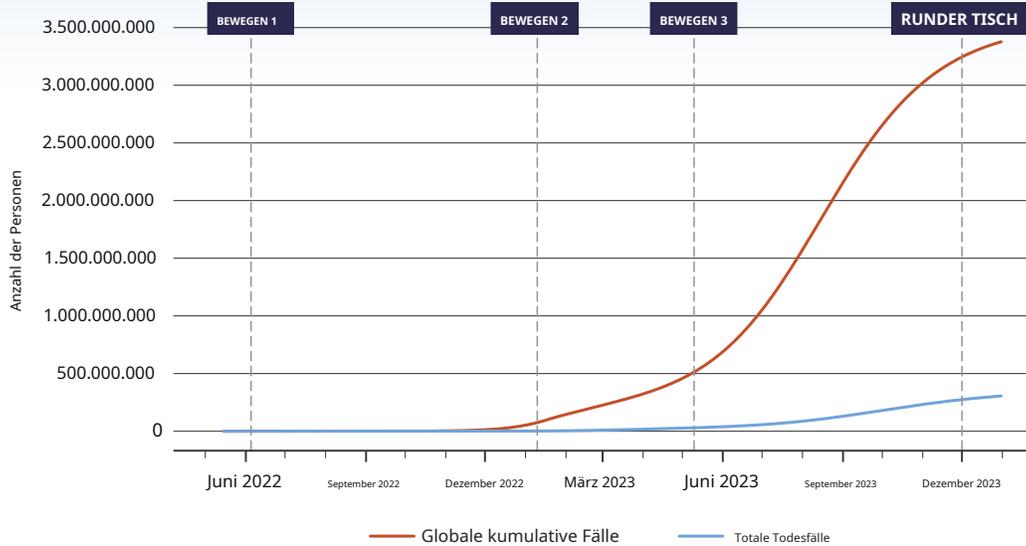


Abbildung 3. Cardus vs. Dranma: Kumulative Fälle



Bewegung 3 (Mai 2023) ereignete sich 12 Monate nach dem ersten Ausbruch mit mehr als 480 Millionen Fällen und 27 Millionen Todesfällen weltweit (Abbildung 4). In dieser Phase erfahren die Teilnehmer, dass die Pandemie durch einen regionalen Bioterroranschlag verursacht wurde, der die Ziele der Täter weit übertroffen hat.

Abbildung 4. Globale kumulative Fälle und Todesfälle



Insbesondere deckt der Brinian-Geheimdienst auf, dass das manipulierte Affenpockenvirus illegal am führenden Institut für Virologie des fiktiven Landes von Arnica entwickelt wurde. Arnica (Bevölkerung 75 Millionen) hat eine Geschichte von Konflikten mit dem benachbarten Brinia (siehe Karte in Abbildung 5). Eine unabhängige Arnican-Terroristengruppe – die SPA – hatte mit sympathisierenden Laborwissenschaftlern zusammengearbeitet einen hoch ansteckenden, tödlichen Krankheitserreger entwickeln und ihn während des Nationalfeiertags, als ein Großteil der Bevölkerung im In- und Ausland unterwegs war, an überfüllten Bahnhöfen in Brinia verteilen.

Die SPA hatte die schwache Aufsicht der Arnican-Regierung über ihre biowissenschaftlichen Forschungslabors ausgenutzt. SPA-Sympathisanten, die in Arnicas führendem Virologieinstitut arbeiten, nutzten öffentlich zugängliche wissenschaftliche Veröffentlichungen, um ihre Arbeit zu leiten, um das Affenpockenvirus zu modifizieren, um es übertragbarer und resistenter gegen derzeit verfügbare Impfstoffe zu machen.

Die Diskussion in Move 3 konzentrierte sich auf die Steuerung der biowissenschaftlichen Forschung mit doppeltem Verwendungszweck sowie auf aktuelle Schwächen in Biosicherheits- und Biosicherheitssystemen, die biologische Risiken verschärfen.

Die letzte Phase der Übung war a**Diskussion am runden Tisch** die Unterschiede in der weltweiten Bereitschaft für die öffentliche Gesundheit und den daraus resultierenden Bedarf an mehr Wirksamkeit berücksichtigten Finanzierungsmechanismen zur Beschleunigung des Aufbaus von Kapazitäten zur Vorbereitung auf eine Pandemie. In der Erkenntnis, dass die Vorbereitung auf eine Pandemie kostspielige Investitionen erfordert, die sich Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen nicht leisten können, wurden die Teilnehmer gebeten, Strategien zu erörtern, um diese Investitionen auf nachhaltige Weise zu katalysieren.



Zusammenfassung der Übungsdiskussion und Ergebnisse

T Die Diskussionen während der Tabletop-Übung führten zu einer Vielzahl wertvoller Einsichten und wichtiger Erkenntnisse. Vor allem waren sich die Übungsteilnehmer einig, dass das internationale System zur Erkennung, Analyse, Warnung und Reaktion auf Pandemien trotz Verbesserungen nach der weltweiten Reaktion auf COVID-19 völlig unzureichend ist, um aktuelle und erwartete zukünftige Herausforderungen zu bewältigen.

Die Übungsteilnehmer waren sich einig, dass Lücken in der internationalen Biosicherheits- und Pandemievorsorgearchitektur umfangreich und grundlegend sind und die Fähigkeit der internationalen Gemeinschaft untergraben, wirksame Antworten auf zukünftige biologische Ereignisse zu finden – und sie stellten fest, dass eine robuste Vorsorge grundlegende Veränderungen an mehreren Fronten erfordern wird. Angesichts der inhärenten Latenz bei der Erfassung definitiver Daten über pandemische Bedrohungen – z. B. geografische Verbreitung, Übertragungsraten und Letalität – und der sehr schwerwiegenden Folgen einer Verzögerung bei der Reaktion auf eine Pandemie stellten die Teilnehmer fest, dass das internationale System und die nationalen Regierungen umgestaltet werden müssen, um dies zu betonen -bestimmte vorausschauende „No-regrets“-Aktionen. Ein solches System erfordert erhebliche Verbesserungen in der Fähigkeit der internationalen Gemeinschaft, und warnen vor pandemischen Bedrohungen sowie proaktive Reaktionspläne und Entscheidungsgremien auf nationaler Ebene zu entwickeln. Sie waren sich einig, dass die internationale Gemeinschaft auch ihr Governance-System für biowissenschaftliche Forschung mit doppeltem Verwendungszweck stärken muss, und sie kamen zu dem Schluss, dass Regierungen weltweit stark zu wenig in die Pandemievorsorge investieren – insbesondere in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen. Diese Konsensergebnisse rahmen die unten erörterten detaillierteren Schlussfolgerungen ein.

FINDEN 1

Die internationale Gemeinschaft benötigt ein robusteres, transparenteres Erkennungs-, Bewertungs- und Frühwarnsystem, das schnell umsetzbare Warnungen vor Pandemierisiken übermitteln kann.

Die Übungsteilnehmer stellten fest, dass es der Welt weiterhin an einem kohärenten System zur Erkennung und Bewertung von Pandemien mangelt, das in der gesamten Bandbreite plausibler Szenarien wirksam wäre. In dieser Übung stellte das Szenario wohl einen „besten Fall“ dar, bei dem das Herkunftsland der WHO rechtzeitig mitteilte, was es wusste, und eine internationale Untersuchung begrüßte. Doch selbst in diesem Fall äußerten die Übungsteilnehmer Bedenken, dass es äußerst schwierig sein würde, Warnsignale früh genug zu erkennen, um die Auswirkungen des ersten Ausbruchs einzudämmen oder zumindest abzumildern.

Folglich betonten mehrere Teilnehmer, dass die internationale Gemeinschaft ein besser koordiniertes internationales Bioüberwachungsnetzwerk benötige, das auch die Sequenzierung des Pathogenoms einschließt. Bei der Untersuchung von Krankheitsausbrüchen auf Pandemiepotenzial identifizierten die Übungsteilnehmer eine Reihe von Schlüsselindikatoren für ein effektives Risikobewertungssystem auf der Grundlage von Bioüberwachungsdaten.

Die Teilnehmer betonten, dass die wichtigsten Indikatoren für die Analyse des pandemischen Potenzials eines Ausbruchs seine Epidemiologie und die geografische Verteilung der Fälle seien. Ein neuartiges Virus, das eingeschätzt wird

hochgradig virulent und übertragbar – entweder auf der Grundlage direkter epidemiologischer Beobachtungen oder anderer evidenzbasierter Vorhersagen – wird besondere Aufmerksamkeit verdienen. Auch die Analyse zusätzlicher Virusmerkmale wird wichtig sein. Ändert sich beispielsweise das Virus und/oder unterscheidet es sich von zuvor erkannten Varianten? Ein Teilnehmer bemerkte, dass die Zahl der Todesfälle nicht gut wäre
Maßnahme zur Nachverfolgung in der Frühphase einer Pandemie, da es sich um einen nachlaufenden Indikator in Zeiten exponentiellen Wachstums in Fällen handelt.

Die Teilnehmer schlugen auch vor, dass die Berücksichtigung des sozialen, politischen und wirtschaftlichen Kontexts des Herkunftslandes oder der Ersterkennung für die Risikobewertung wertvoll sein könnte. Zu den Schlüsselfaktoren gehören der Grad der gesellschaftlichen Offenheit des Landes und das Ausmaß des internationalen Reiseverkehrs über seine Grenzen hinweg – beides Merkmale, die zu einer schnelleren Verbreitung beitragen könnten. Eine weitere Überlegung ist die Stärke des öffentlichen Gesundheitssystems des Landes und ob die Bevölkerung das Risiko einer Ausbreitung durch den Einsatz von NPIs und die Vermeidung von Massenversammlungen verringert.

In der Abfolge der Ereignisse nach Erkennung und Analyse ist der nächste Schritt die Warnung. Alle Teilnehmer stimmten darin überein, dass das derzeit geltende Hauptmittel der internationalen Pandemie-Risikowarnung – die Erklärung des Generaldirektors der WHO zu einer gesundheitlichen Notlage von internationaler Tragweite (PHEIC) – einer umfassenden Reform bedarf. Zu den Mängeln, die sie im aktuellen PHEIC-Ansatz identifiziert haben, gehört, dass es sich um ein binäres Instrument für eine Welt handelt, in der Pandemierisiken durch unterschiedliche Risikoniveaus gekennzeichnet sind, die sich im Laufe der Zeit entwickeln. Der aktuelle PHEIC-Ansatz wirft potenziell Risiken wie einen begrenzten regionalen Ebola-Ausbruch mit einem globalen in einen Topf

katastrophales biologisches Ereignis. Beide sind besorgniserregend, aber in sehr unterschiedlichem Maße, und rechtfertigen unterschiedliche Antworten. Die binäre Natur des PHEIC schafft auch ungewollt Anreize, Warnungen zu verzögern. Wenn Analysten und Entscheidungsträger nur zwei Möglichkeiten haben, werden sie wahrscheinlich auf der sicheren Seite bleiben, bevor sie ein internationales Warnsystem aktivieren.

Die Teilnehmer betonten, dass ein abgestuftes Pandemie-Warnsystem – analog zu abgestuften Systemen, die für Hurrikane und andere Naturkatastrophen verwendet werden – wohl ein flexibleres, informativeres und umsetzbareres System zur Risikokommunikation bieten würde. Gemäß den aktuellen Internationalen Gesundheitsvorschriften (IHR 2005) könnte die WHO ermächtigt werden, den Mitgliedsstaaten detailliertere Risikobewertungen zur Verfügung zu stellen. Ein Teilnehmer wies darauf hin, dass die formelle Umstellung der WHO PHEIC auf ein abgestuftes System eine Änderung der IHR erfordern könnte, was erhebliche politische Herausforderungen mit sich bringen könnte.

Die Übungsteilnehmer stellten fest, dass unabhängig von den besonderen institutionellen Vorkehrungen, die für internationale Systeme zur Erkennung, Analyse und Warnung vor Pandemien gewählt wurden, diese Systeme transparent sein müssen. Insbesondere Beratungen, die derzeit hinter verschlossenen Türen stattfinden – zum Beispiel im Notfallausschuss der WHO – würden davon profitieren, wenn zumindest eine externe Expertengruppe die Daten analysieren und parallel zu Schlussfolgerungen gelangen könnte. Dies würde wohl dazu beitragen, offizielle Ergebnisse zu validieren und ihnen unabhängiges Gewicht zu verleihen, oder könnte Ergebnisse anfechten, wenn sie nicht mit verfügbaren Beweisen übereinstimmen.¹

„Wir stellen uns dem

gleichzeitige Herausforderung auf diese Pandemie zu reagieren und sich vorzubereiten für den nächsten. Die internationale Gemeinschaft hat die Möglichkeit, wenn nicht sogar die Verpflichtung, die Situation zu verbessern.“

— Übungsteilnehmer

¹ Für eine hervorragende Erörterung der gemeldeten Politisierung von PHEIC-Überlegungen und -Entscheidungen siehe Clare Wenham, Alexandra Phelan, Mark Eccleston-Turner und Sam Halabi, „Reforming the Declaration Power for Global Health Emergencies“, International Law Impact and Infectious Disease (ILIAID) Consortium Weißbuchreihe zur IHR-Reform (1), (November 2020): 8.

Bewertung von Ausbruchsursprüngen

Die Teilnehmer stellten fest, dass biologische Vorfälle unbekanntem Ursprungs in eine Lücke im UN-System fallen. Die WHO ist, wie ein Teilnehmer betonte, das Ausbruchsäquivalent eines Feuerwehrmanns, nicht eines Polizeibeamten; Die Organisation ist am besten für die öffentliche Gesundheit und medizinische Maßnahmen geeignet, nicht für Sicherheitsuntersuchungen. In Fällen, in denen ein Ausbruch vorsätzlich herbeigeführt wird, wäre eine Sicherheitsuntersuchung durch den UN-Generalsekretärsmechanismus (UNSGM) angebracht. Allerdings sind die Mittel, mit denen die WHO und der UN-Generalsekretär parallel, wenn nicht sogar koordiniert, operieren, noch unklar. Noch problematischer sind Fälle, in denen der Ursprung eines Vorfalls unklar oder verdächtig ist. In diesen Fällen müssen die jeweiligen Rollen des UN-Generalsekretärs und der WHO klar definiert werden.²

Die Teilnehmer erörterten zusätzliche internationale politische Herausforderungen, die einer effektiven Untersuchung eines Ausbruchs im Wege stehen könnten. Erstens fordert die internationale Gemeinschaft vom vermeintlichen Herkunftsland Kooperation und Transparenz. Zweitens, obwohl der Generalsekretär befugt ist, seinen Untersuchungsmechanismus als Reaktion auf eine Anfrage eines Mitgliedsstaates einzusetzen, wurde der Mechanismus noch nie zur Untersuchung eines biologischen Vorfalls eingesetzt, und Spannungen zwischen UN-Mitgliedstaaten könnten zu Verzögerungen führen. In ähnlicher Weise könnten Einwände von einem der Hauptspender der WHO-Mitgliedstaaten die Wirksamkeit der Organisation bei der Koordinierung der unverzüglichen Erkennung und Bewertung beeinträchtigen.

FINDUNG 2

Die Regierungen sollten die Bereitschaft verbessern, indem sie auf nationaler Ebene Pandemie-Reaktionspläne entwickeln, die auf einem kohärenten System von „Auslösern“ aufbauen, die vorausschauende Maßnahmen auf der Grundlage „kein Bedauern“ veranlassen.

**„Es wird chaotisch und
beängstigend sein, aber du
Ich kann es kaum erwarten, bis
du Gewissheit hast. Man muss
ohne Reue handeln.“**

— Übungsteilnehmer

Die Teilnehmer der Tabletop-Übung waren sich einig, dass das Übungsszenario und die größeren Lehren aus der globalen COVID-19-Reaktion die Notwendigkeit hervorheben, nationale Reaktionspläne mit einer Reihe von Planungs-„Auslösern“ oder Schwellenwertbedingungen zu erstellen, die vorausschauende Schritte in einem frühen Stadium einer potenziellen Pandemie sicherstellen. Sowohl das Übungsszenario als auch die COVID-19-Reaktion zeigen, dass frühzeitige Maßnahmen der nationalen Regierungen erhebliche, positive Auswirkungen auf die Bewältigung der Auswirkungen der Krankheit haben. Da die Art der exponentiellen Übertragung von Krankheiten selbst geringfügige Verzögerungen hart bestraft, führen langsame Reaktionen der nationalen Regierungen zu höheren Fallzahlen, schlechteren Sterblichkeitsraten und möglicherweise sogar zum Zusammenbruch des öffentlichen Gesundheits- und medizinischen Systems.

Die Vorteile frühzeitigen Handelns

Ein Teilnehmer stellte fest, dass die Trainingsergebnisse während der COVID-19-Reaktion mit der nationalen Leistung übereinstimmten; Regierungen das

² Der Mechanismus des UN-Generalsekretärs und die Notwendigkeit eines gemeinsamen Bewertungsmechanismus waren zentrale Diskussionspunkte bei den NTI-MS-Planübungen 2019 und 2020. Berichte über diese Übungen sind auf nti.org verfügbar.

Frühzeitig und energisch auf Pandemiewarnungen reagierten, waren sie beim Schutz ihrer Bevölkerung viel erfolgreicher. Wie allgemein anerkannt ist, reagierten einige wohlhabendere Länder mit starken öffentlichen Gesundheitssystemen nicht proaktiv und rechtzeitig und erlebten daher deutlich schlechtere Ergebnisse als weniger wohlhabende Länder, die proaktiver reagierten.

Was ist ein Auslöser?

In nationalen Pandemie-Reaktionsplänen würden spezifische Bereitschaftsmaßnahmen auf der Grundlage von Faktoren „ausgelöst“, die sich auf die potenzielle Schwere des Ausbruchs, erwartete Verzögerungen beim Situationsbewusstsein und die Zeit beziehen, die für die Umsetzung von Reaktionsmaßnahmen und die Anzeige von Ergebnissen erforderlich wäre.

Die Teilnehmer betonten, dass Entscheidungsträger auf nationaler Ebene auslöserbasierte Pläne erstellen müssen, die eine „kein Bedauern“-Tendenz für frühzeitiges Handeln betonen. Obwohl zwangsläufig das Risiko von Fehlalarmreaktionen besteht, stuften die Teilnehmer das Risiko einer Verzögerung als weitaus schwerwiegender ein. Handeln, so argumentierte ein Teilnehmer, müsse der „Standardweg“ sein, denn „man wird sich nicht den Luxus leisten können, auf Gewissheit zu warten“.

Obwohl die ausgelösten Maßnahmen je nach den besonderen Bedürfnissen des Landes variieren würden, sind die Ziele in den meisten Fällen dieselben: die Ausbreitung von Krankheiten verlangsamen, um Zeit zu gewinnen und die epidemiologische Kurve abzuflachen, während diese Zeit genutzt wird, um das öffentliche Gesundheitswesen und die medizinischen Systeme zu erweitern. Halten Sie mit wachsenden Fallzahlen Schritt und retten Sie Leben. NPI wie Maskenpflichten und die Einstellung von Massenversammlungen wurden als entscheidend für die Blockierung von Krankheitsübertragungsketten angesehen. Die Teilnehmer befürworteten im Allgemeinen keine Reisebeschränkungen wie Grenzschließungen, aber Maßnahmen zur Gesundheitsvorsorge auf Reisen wurden als wertvoll angesehen.

Mit der Zeit, die NPIs erkaufte, plädierten die Teilnehmer für die Aufstockung verschiedener Kapazitäten. Höchste Priorität hat die Durchführung von Tests in großem Maßstab und die Erhöhung der Kapazität des Gesundheitssystems in Bezug auf Einrichtungen und Personal. Darüber hinaus sollten die Nationen die Produktion des Sortiments an kritischen Hilfsgütern hochfahren, die andernfalls zu Engpässen bei den Reaktionseinsätzen führen könnten, darunter Masken, persönliche Schutzausrüstung (PSA) für Gesundheitspersonal, Testreagenzien, Sauerstofftanks und Beatmungsgeräte.

Die Auslöser sollten nicht nur auf Aktionen beschränkt sein; sie sollten sich auch mit institutionellen Beziehungen befassen. Tatsächlich betonten einige Teilnehmer, dass der gesamtstaatliche Entscheidungsprozess für die Reaktion auf eine Pandemie auf nationaler Ebene so bald wie möglich, vor der nächsten Pandemie, geplant und durchgeführt werden muss. Mehrere Teilnehmer argumentierten, dass die meisten nationalen Regierungen zu viele „Silos“ der Entscheidungsfindung haben, die für eine erfolgreiche Pandemie-Reaktion schnell integriert werden müssen. Eine wirksame nationale Reaktion ohne Reue wird erfordern, dass sich die gesamte Regierung frühzeitig engagiert, damit interne bürokratische Hürden keine kritischen Verzögerungen verursachen.

„Wir wollen die Auslöser auf eine große gesundheitliche Reaktion konzentrieren, damit wir die Krankheit finden, verstehen, die Ausbreitung verlangsamen und schließlich verstehen können was es ist und wie man es davon abhält, sich zu bewegen.“

— Übungsteilnehmer

Stärkung der Widerstandsfähigkeit der Lieferkette bei Pandemien

Alle Teilnehmer waren sich einig, dass die Stärkung der Widerstandsfähigkeit der Lieferkette bei zukünftigen Pandemie-Reaktionen von entscheidender Bedeutung sein würde, sie waren sich jedoch uneinig, wie sie die Herausforderung angehen sollten. Insbesondere entbrannte eine Debatte darüber, ob die Bevorratung oder das Vorhalten „warmer“ Produktionskapazitäten der richtige Ansatz zur Sicherstellung der Verfügbarkeit kritischer Artikel ist,³ oder eine Mischung aus beidem. Für Artikel mit langer Haltbarkeit – wie Masken und andere PSA – argumentierten einige Teilnehmer, dass es für nationale Regierungen und internationale Institutionen ratsam sei, Vorräte anzulegen.

Andere argumentierten, dass Regierungen und/oder internationale Organisationen Anreize bieten sollten, Versorgungsleitungen mit doppeltem Verwendungszweck offen oder zumindest „warm“ zu halten – was beispielsweise bei der groß angelegten Produktion von Beatmungsgeräten während eines internationalen Notfalls im Bereich der öffentlichen Gesundheit helfen könnte. Eine noch fortschrittlichere wissenschaftliche und technische Lösung wäre, wo möglich, die Entwicklung von Plattformtechnologien – Tools zur schnellen Entwicklung von Diagnostika, Impfstoffen und anderen medizinischen Gegenmaßnahmen für die breite Palette von Krankheitsregern mit Pandemiepotenzial.

Ein Teilnehmer bot eine entsprechende Empfehlung zur Versorgung mit Impfstoffen an, die ein Gleichgewicht zwischen nationaler Bevorratung und globaler Koordination herstellt: Auswahl und Stärkung führender Regierungen in jeder Region der Welt. Insbesondere plädierte dieser Teilnehmer für die Schaffung eines globalen Netzwerks von Ländern mit geringer Bevölkerungszahl, die mit der Produktion in großem Maßstab für ihre jeweiligen Regionen beauftragt würden.⁴ Ein solcher Ansatz würde regionale Vereinbarungen und eine kooperative Finanzierung erfordern, um die Fähigkeiten in den ausgewählten Ländern aufzubauen.

FINDUNG 3

Das internationale System zur Regelung der biologischen Forschung mit doppeltem Verwendungszweck ist weder auf die heutigen Sicherheitsanforderungen noch auf deutlich erweiterte Herausforderungen in der Zukunft vorbereitet. Während des gesamten Lebenszyklus der biowissenschaftlichen Forschung und Entwicklung besteht Bedarf zur Risikominderung.

Die Übungsteilnehmer diskutierten die Bedeutung der Stärkung der Biosicherheit für die biowissenschaftliche Forschung und Entwicklung. Neue biologische Risiken im Zusammenhang mit schnellen technologischen Fortschritten sind nicht neu, aber die Teilnehmer erkannten, dass die COVID-19-Pandemie diese Risiken verschärft hat. Sie wiesen darauf hin, dass die internationale Gemeinschaft mit einer raschen Expansion von High-Containment-Labors (Labore der Biosicherheitsstufe 3 und 4) rechnen sollte, da eine Reihe von Ländern ihre biowissenschaftlichen Forschungskapazitäten erweitern und sich mehr mit Dual-Use-Forschung zu SARS-CoV beschäftigen. 2 und andere Erreger mit pandemischem Potenzial.

Die Teilnehmer waren sich einig, dass es zwar unerlässlich ist, eine Einschränkung der legitimen biologischen Forschung zu vermeiden, es aber auch von entscheidender Bedeutung ist, strengere Biosicherheits- und Biosicherheitsmaßnahmen in die biowissenschaftliche Forschung einzubeziehen

³ Eine warme Produktionskapazität würde die Aufrechterhaltung der Produktionslinie, des menschlichen Fachwissens und der Versorgungsleitungen für ein Produkt beinhalten, auch wenn keine aktuelle Marktnachfrage besteht.

⁴ Im Falle von Impfstoffen beispielsweise müssten diese Länder zuerst für ihre eigene Bevölkerung sorgen. Aber weil ihre Bevölkerung im Verhältnis zu ihrer Produktionskapazität klein ist, könnten sie sich in kurzer Zeit umdrehen, um die Bedürfnisse ihrer Region zu decken.

und Entwicklungsprozesse – vom Projektdesign und der Finanzierung über die Durchführung der Forschung bis hin zur Veröffentlichung oder Kommerzialisierung der Technologie.

Geldgeber

Zu Beginn des Forschungs- und Entwicklungslebenszyklus können staatliche, philanthropische und industrielle Geldgeber eine Rolle bei der frühzeitigen Überprüfung vorgeschlagener Forschungsprojekte spielen und dadurch einen stärkeren Rahmen für Biosicherheit und verantwortungsvolle Forschung schaffen. Die Teilnehmer argumentierten, dass diese Aktivitäten sowohl öffentliche als auch private Geldgeber einbeziehen müssten, räumten jedoch ein, dass die Einbindung letzterer eine besondere Herausforderung darstellen könnte. Während dieser Diskussion argumentierten mehrere Teilnehmer, dass die Geldgeber dies nicht könnten der einzige Schiedsrichter sein und dass die Durchführung einer Biosicherheitsüberprüfung als Teil des Bewertungsprozesses für die Finanzierung neuer Projekte Teil einer umfassenderen Lösung sein muss.

Institutionelle Aufsicht

Die institutionelle Aufsicht – die sich sowohl an akademische als auch an industrielle Forschungseinrichtungen richtet – ist ein wichtiger Schritt in der Mitte des Forschungs- und Entwicklungslebenszyklus. Einige Teilnehmer argumentierten, dass Vorstände im Branchenkontext die Verantwortung für die Biosicherheit übernehmen sollten, da sie Cybersicherheit zunehmend als Thema der Unternehmensführung angehen. Die Teilnehmer räumten ein, dass Biosicherheitsmaßnahmen die Betriebskosten wahrscheinlich erhöhen würden – was für kleine Biotechnologieunternehmen als hoch oder sogar unerschwinglich angesehen werden kann. Mindestens ein Teilnehmer argumentierte jedoch, dass das Abwärtsrisiko für ein Unternehmen, das in einen Biosicherheitsvorfall verwickelt ist, diese Art von Aufmerksamkeit und Investition auf Führungsebene rechtfertigt.

Einige Teilnehmer argumentierten auch, dass Bildung eine wichtige Rolle bei der Stärkung der Biosicherheit im Privatsektor spielen könne, und stellten fest, dass viele in diesem Sektor die Sicherheitsrisiken nicht kennen.

Anbieter von Waren und Dienstleistungen

In der Mitte des biowissenschaftlichen Forschungs- und Entwicklungslebenszyklus sind auch zahlreiche Unternehmen des Privatsektors beteiligt, darunter Anbieter von Waren und Dienstleistungen. Beispielsweise bieten eine Reihe von Unternehmen DNA-Synthese an Dienstleistungen für Forschungslabors. Übungsteilnehmer stellten fest, dass etwa 80 Prozent der DNA-Anbieter Mitglieder des International Gene Synthesis Consortium sind, das Kunden und DNA-Bestellsequenzen überprüft, um zu verhindern, dass die Bausteine gefährlicher Krankheitserreger in die Hände böswilliger Akteure gelangen.⁵ Das Screening ist jedoch kostspielig, zeitaufwändig und erfordert menschliches Fachwissen.

„Verantwortungsvoller Umgang mit Biotechnologie und biomedizinische Forschung ist nicht an einer Institution gelöst werden. Es erfordert a facettenreicher Ansatz dazu gehören normen und Standards, nationale Vorschriften und regionale Strategien. Unternehmen, Fachgesellschaften, Geldgeber und Verlage können alle eine wichtige Rolle spielen.“

— Übungsteilnehmer

⁵ Die 2009 gegründeten Mitglieder des International Gene Synthesis Consortium (IGSC) screenen synthetische Genordnungen, um regulierte Pathogensequenzen und andere potenziell gefährliche Sequenzen zu identifizieren. Durch das Screening der Sequenzen bestellter DNA-Fragmente und die Überprüfung von Kunden tragen IGSC-Mitglieder dazu bei, dass Forscher und die Gemeinschaft der synthetischen Biologie die vielen Vorteile der Gensynthese-Technologie erkennen und gleichzeitig das Risiko minimieren. Siehe genesynthesisconsortium.org.

Die Teilnehmer haben einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber den Mitgliedern des Konsortiums. Ein nachhaltiges System muss entweder Anreize zur Teilnahme oder andere Wege beinhalten, um eine 100-prozentige Teilnahme zu erreichen.

Benchtop-Synthesegeräte – kleinere Maschinen, mit denen einzelne Forschungseinrichtungen DNA lokal drucken können, im Gegensatz zur Bestellung bei zentralisierten DNA-Anbietern – schaffen zusätzliche Herausforderungen. Die Teilnehmer stellten fest, dass die Markteinführung von DNA-Synthese-Tischgeräten ein größeres Risiko gefährlicher Forschung ohne Rückverfolgbarkeit birgt, wenn keine wirksamen Biosicherheitsbestimmungen enthalten sind.

Internationale Bemühungen

Alle Teilnehmer waren sich einig, dass das System für Biosicherheit und Biosicherheit in der biowissenschaftlichen Forschung auf internationaler Ebene fragmentiert ist, obwohl sie eine Reihe möglicher Abhilfemaßnahmen anboten.

In der Erkenntnis, dass es keine umfassende internationale Lösung gibt, plädierten mehrere Teilnehmer für die Gründung einer neuen Einheit, die mit einem breiten Spektrum internationaler Interessengruppen zusammenarbeiten würde, um Biosicherheitsnormen und -standards zu entwickeln und Instrumente zur Förderung der Einhaltung zu entwickeln. Es könnte Unternehmen, Regierungen und/oder regionalen Organisationen sowohl allgemeine Aufklärung über Biosicherheit als auch gezielte technische Unterstützung bieten. Mehrere Teilnehmer verwiesen auf ein Beispiel einer erfolgreichen normativen Einheit im World Institute for Nuclear Security, die ähnliche Funktionen im Bereich der nuklearen Sicherheit ausübt. Mindestens ein Teilnehmer betonte, wie wichtig es sei, bestehende Mechanismen und Institutionen zu stärken, anstatt neue zu schaffen.

Die Teilnehmer diskutierten auch verschiedene Biosicherheitsansätze auf nationaler und regionaler Ebene. In Ermangelung einheitlicher internationaler Richtlinien argumentierte ein Teilnehmer, dass es Möglichkeiten für internationale Ansätze gebe, um die Regulierung der Biosicherheit auf nationaler Ebene zu fördern. Insbesondere stellte dieser Teilnehmer fest, dass bestehende internationale Vereinbarungen oder Rahmenwerke – wie das Biowaffen-Übereinkommen (BWC) – die Annahme von Biosicherheitsgesetzen durch die Mitgliedsstaaten erleichtern oder sogar erfordern könnten. Andere wiesen auf das Versprechen von Fortschritten auf regionaler Ebene hin. Von einem Teilnehmer als „grundlegende Veränderung“ bezeichnet, haben Afrika, die Karibik und Europa alle regionale Biosicherheitsrahmen entwickelt oder entwickeln diese. Beispielsweise entwickeln die Africa Centers for Disease Control (CDC) einen kontinentweiten Biosafety- und Biosecurity-Rahmen. Für Dual-Use-Forschung, Africa CDC schlägt einen Rechtsrahmen vor, um alle Institutionen, die mit Hochrisikomaterialien umgehen, dazu zu verpflichten, Risikobewertungen durchzuführen und Minderungsmaßnahmen zu ergreifen, und eine Anforderung für alle Institutionen und Labors, ihre Fälle von Dual-Use Research of Concern (DURC) zu melden die Regierung. Die Europäische Union verfügt über einen Dual-Use-Forschungsrahmen, der den Informationsaustausch erleichtern soll. Die Caribbean Public Health Agency hat über ein Netzwerk von Ethikkommissionen für die Forschung einen ethischen Rahmen entwickelt und umgesetzt und arbeitet daran, die Standards für biowissenschaftliche Labore zu stärken.

„Siehe <https://wins.org/>.

FINDUNG 4

Vielen Ländern auf der ganzen Welt fehlt derzeit die Finanzierung, um wesentliche nationale Investitionen in die Pandemievorsorge zu tätigen.

Die Übungsteilnehmer diskutierten die Notwendigkeit einer wesentlich höheren internationalen Finanzierung für die Pandemievorsorge. Obwohl sie sich einig waren, dass fehlerhafte politische Entscheidungen und Führungsversagen wesentlich zu den schlechten nationalen Ergebnissen bei der Reaktion auf COVID-19 beigetragen hatten, stimmten sie auch darin überein, dass Investitionen in die Vorsorge vor der Pandemie unerlässlich sind. Bei der Untersuchung der globalen Landschaft der öffentlichen Gesundheitsausgaben betonte ein Teilnehmer, dass „wir versucht haben, einen Tsunami mit a zu stoppen

Teelöffel.“ Die Teilnehmer stellten fest, dass die Herausforderung der Finanzierung durch erhebliche Probleme der internationalen Ungleichheit verschärft wird, und erkannten an, dass nicht alle Länder über die Ressourcen verfügen, um diese Investitionen zu tätigen. Da Pandemien keine Grenzen respektieren, waren sich die Teilnehmer einig, dass ein Versäumnis, die Bereitschaft in allen Ländern zu stärken, selbst für die am besten vorbereiteten Nationen unweigerlich erhebliche Risiken bergen würde.⁷

Die Teilnehmer betonten die Notwendigkeit, einen nachhaltigen Finanzierungsmechanismus zur Verbesserung der Pandemievorsorge zu schaffen. Der neue Mechanismus sollte den Regierungen der Empfänger einen Anreiz bieten, Prioritäten und Pläne für den Aufbau von Kapazitäten für die Vorbereitung auf eine Pandemie im Inland zu entwickeln und diese Aktivitäten fortlaufend zu budgetieren.

Die Teilnehmer plädierten dafür, einen einzigen Finanzierungstopf mit echter Exekutivgewalt über seine Verfügung zu schaffen. Mindestens ein Teilnehmer betonte, dass die Finanzierung von einem größeren Querschnitt der globalen Gemeinschaft kommen sollte als die begrenzte Anzahl von Ländern, die derzeit beitragen. Ein anderer Teilnehmer hob die Rolle des Privatsektors als Mitwirkenden hervor und stellte fest, dass der COVID-Impfstoffmarkt im Jahr 2021 150 Milliarden US-Dollar überschreiten wird. Ein kleiner Bruchteil der von der Industrie reinvestierten Renditen würde einen Unterschied machen.

„Wir haben versucht, einen Tsunami mit einem Teelöffel zu stoppen.“

— Übungsteilnehmer

⁷ Nach Angaben der Vereinten Nationen wurden weltweit etwa 70 Länder als „hilfeabhängig“ identifiziert. Länder wie Liberia, Südsudan und Tuvalu sind zu mehr als 50 Prozent ihres BIP auf externe Finanzierung angewiesen. Siehe „Erhalten Entwicklungsländer die COVID-19-Finanzierung, die sie benötigen?“ Weltwirtschaftsforum, weforum.org.

Empfehlungen

NTI entwickelte die folgenden Empfehlungen basierend auf den wichtigsten Erkenntnissen aus der oben diskutierten Übung. Diese Empfehlungen wurden nach der Übung entwickelt und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Teilnehmer wider.

1 Stärkung internationaler Systeme zur Bewertung des Pandemierisikos, Ausgabe von Warnungen und Untersuchung der Ursprünge von Ausbrüchen

Die NTI-MS-Tabletop-Übung und andere Studien haben überzeugend gezeigt, dass ein radikal gestärktes globales Bioüberwachungssystem erforderlich ist. Datenerhebung und analytische Elemente sind jedoch nur ein Teil der Aufgabe einer schnellen und wirksamen Reaktion auf eine Pandemie; Risikobewertung, Warnung und Bewertung der Pandemieursprünge sind ebenfalls entscheidend für den Erfolg.

Die WHO muss ein abgestuftes, transparentes, internationales Warnsystem für die öffentliche Gesundheit einrichten.

- Die WHO muss das PHEIC-System aufrüsten, um umsetzbarere Alarme und Warnungen bereitzustellen. Das System sollte abgestufte oder inkrementelle Schwellenwerte mit klarer Angabe der verschiedenen Risikoniveaus enthalten, die durch Daten unterstützt werden, um schnelle Entscheidungen auf nationaler Ebene zu ermöglichen. Risikoabstufungen sollten explizit auf Schwellenwerten des Pandemiepotenzials – dh dem Potenzial eines Krankheitsausbruchs, sich global auszubreiten und zu hohen Fallzahlen zu führen – sowie auf dem geschätzten Schweregrad, wie z. B. der Sterblichkeitsrate, aufbauen.
- Wenn sich die Reform des PHEIC-Systems angesichts der Politik zur Änderung der IHR als zu schwierig erweist, sollte die WHO ein abgestuftes Warnsystem einrichten, um ihr aktuelles PHEIC-Tool zu ergänzen.
- In jedem Fall sollten die Kriterien für das abgestufte Warnsystem öffentlich und vollständig transparent sein, zusammen mit allen epidemiologischen Daten, die zur Feststellung herangezogen werden. Die Transparenz der Daten und Kriterien wird eine unabhängige Bewertung und Überprüfung durch andere Experten und Organisationen ermöglichen.

Das UN-System sollte einen neuen gemeinsamen Bewertungsmechanismus einrichten, um schwerwiegende biologische Ereignisse unbekanntem Ursprungs zu untersuchen.

- Die Erfahrung mit dem Auftreten von SARS-CoV-2 zeigt, wie wichtig frühzeitige internationale Untersuchungen sind, um die öffentliche Gesundheit und die medizinische Reaktion zu unterstützen, unproduktive Schuldzuweisungen zu minimieren und den Ursprung eines Ausbruchs eindeutig festzustellen, damit zukünftige Ausbrüche besser eingedämmt oder sogar verhindert werden können.
- Zusätzlich zur Stärkung bestehender Kapazitäten zur Durchführung internationaler Untersuchungen im Bereich der öffentlichen Gesundheit ist ein neuer gemeinsamer Bewertungsmechanismus erforderlich. Dieser Mechanismus würde transparente, evidenzbasierte Ansätze verwenden, um Ereignisse unbekannter oder sogar verdächtiger Herkunft zu untersuchen. Es würde Lücken zwischen bestehenden Mechanismen schließen – insbesondere den WHO-Fähigkeiten zur Untersuchung von Ausbrüchen und dem Mechanismus des Generalsekretärs der Vereinten Nationen – und gleichzeitig diese bestehenden Systeme integrieren und darauf aufbauen.

- Um seine Legitimität und Wirksamkeit sicherzustellen, sollten die UN-Mitgliedstaaten die Autorität für den neuen Mechanismus durch eine Abstimmung in der UN-Generalversammlung mit Unterstützung einer breiten internationalen Koalition von Mitgliedsstaaten festlegen.
- Der Mechanismus sollte im Büro des UN-Generalsekretärs und unter seiner Aufsicht angesiedelt sein.
- Der gemeinsame Bewertungsmechanismus muss über beträchtliche Analyse- und Untersuchungsfähigkeiten und Fachkenntnisse verfügen und fortschrittliche Biotechnologie- und Bioinformatik-Tools nutzen.

2 Entwicklung und Einführung von Auslösern auf nationaler Ebene für eine frühzeitige, proaktive Reaktion auf Pandemien

Der Erfolg bei der Verhinderung oder Abmilderung der Auswirkungen künftiger Pandemien wird grundlegend von Maßnahmen auf nationaler Ebene abhängen. Obwohl internationale Institutionen rechtzeitig warnen, beraten und koordinieren können, bedeutet die Macht der nationalen Souveränität, dass die von einzelnen Nationen getroffenen Entscheidungen die entscheidendsten Auswirkungen haben können – sowohl positiv als auch negativ. Darüber hinaus zeigt die erhebliche Variabilität in der Wirksamkeit der nationalen Reaktionen auf COVID-19, dass die öffentliche Gesundheit und die medizinische Kapazität allein kein guter Prädiktor für die Leistung der Pandemiereaktion sind. Vielmehr war frühzeitiges entschlossenes Handeln der Hauptfaktor dafür, welche Länder ihre COVID-19-Ausbrüche am effektivsten bewältigt haben.

Die nationalen Regierungen müssen bei der Reaktion auf eine Pandemie einen „No-regrets“-Ansatz verfolgen und vorausschauende Maßnahmen ergreifen – anstatt auf steigende Fallzahlen und Todesfälle zu reagieren, die nachlaufende Indikatoren sind.

- Einfach ausgedrückt: Nationale Regierungen und ihre Führer müssen den Fehler machen, frühzeitig Maßnahmen zu ergreifen. In der Erkenntnis, dass das Situationsbewusstsein für Pandemiebedrohungen hinter der Realität vor Ort zurückbleibt, können nationale Führer nicht warten, bis sich Fälle oder Todesfälle häufen, bevor sie reagieren. Wenn eine erhebliche Chance besteht, dass sich der Ausbruch zu einer Pandemie entwickeln könnte, sollten sich die nationalen Führer nach vorne lehnen, um die Reaktionsbemühungen und -kapazitäten zu verstärken.

Um vorausschauende Maßnahmen ohne Reue zu erleichtern, sollten die nationalen Regierungen Pläne auf nationaler Ebene entwickeln, die „Auslöser“ für die Reaktion auf schwerwiegende biologische Ereignisse enthalten.

- Ausgelöste Maßnahmen zur Reaktion auf Pandemien auf nationaler Ebene sollten die Strategie unterstützen, die epidemiologische Kurve abzufachen und gleichzeitig die Kapazitäten des Gesundheitssystems schnell auszubauen, um einen Zusammenbruch angesichts wachsender Fallzahlen zu verhindern. Ausgelöste Aktionen sollten drei Hauptzielen dienen: Verlangsamung der Übertragung von Krankheitserregern, Rettung von Leben und Verbesserung des Situationsbewusstseins über die Ausbreitung des Krankheitserregers, um eine effektive Ausrichtung der Ressourcen zu ermöglichen. Ausgelöste Maßnahmen sollten eine Reihe von NPIs umfassen, einschließlich proaktiver sozialer Distanzierung und Richtlinien zum Tragen von Masken; groß angelegte Tests und Kontaktverfolgung; Großserienfertigung von PSA und medizinischer Ausrüstung; Ausbau des Pools an einsatzfähigem medizinischem Personal und Flächen zur Behandlung von Patienten; und umfassende Risikokommunikation.
- Auslöser auf nationaler Ebene sollten Anpassungen der institutionellen Beziehungen und Entscheidungsfindungsprozesse umfassen, um eine schnelle Reaktion der gesamten Regierung auf neu auftretende Pandemiebedrohungen zu erleichtern. Entscheidungsgremien mit gesamtstaatlichen Befugnissen und Informationen sollten frühzeitig aufgestellt werden,

und bürokratische Ofenrohre, die den Informationsaustausch behindern, sollten beseitigt werden. Darüber hinaus sollten relevante Verzichtserklärungen, Notfallerkklärungen, Klarstellungen von Behörden und rechtliche Bestimmungen für jede Phase dieser Auslöser identifiziert werden.

- Nationale Regierungen sollten Auslöser in Plänen kodifizieren, die routinemäßig durchgeführt werden, und die Ergebnisse sollten systematisch ausgewertet werden, um Korrekturmaßnahmen zu identifizieren und umzusetzen.
- Die WHO sollte Leitlinien herausgeben, die die nationalen Regierungen dazu ermutigen oder verpflichten, auf nationaler Ebene Pandemie-Reaktionsauslöser zu entwickeln, die pathogen-agnostisch sind und sich bei eskalierendem Pandemierisiko auf mehrere Ebenen ausweiten.

3 Gründung einer internationalen Einheit, die sich der Reduzierung aufkommender biologischer Risiken im Zusammenhang mit schnellen technologischen Fortschritten verschrieben hat

Biowissenschaftliche Fortschritte sind vielversprechend für die Zukunft, bergen aber auch die Gefahr von Unfällen oder vorsätzlichem Missbrauch. Trotz dieser Bedenken hat keine internationale Organisation ein spezifisches Mandat zur Stärkung der Biosicherheit und Biowissenschafts-Governance und zur Reduzierung neu auftretender biologischer Risiken im Zusammenhang mit technologischen Fortschritten.

Die internationale Gemeinschaft sollte eine Einrichtung gründen, die sich der Verringerung des Risikos katastrophaler Ereignisse aufgrund von Unfällen oder vorsätzlichem Missbrauch von Biowissenschaften und Biotechnologie widmet.

- Eine UN-Agentur oder glaubwürdige Nichtregierungsinstitution sollte mit Experten aus den Bereichen Wissenschaft, Philanthropie, Sicherheit und öffentliche Gesundheit zusammenarbeiten, um eine internationale Organisation zu gründen, die sich der Identifizierung und Reduzierung neu auftretender biologischer Risiken im Zusammenhang mit technologischen Fortschritten widmet.
- Die Aufgabe dieser Einrichtung sollte darin bestehen, globale Biosicherheitsnormen zu stärken und Instrumente und Anreize zur Unterstützung der Einhaltung zu entwickeln.
- Die Einheit sollte agil, innovativ und frei sein, um mit einer Vielzahl von Interessengruppen, einschließlich Industrie, Wissenschaft und Regierungen, zusammenzuarbeiten, um mit den schnellen biowissenschaftlichen Fortschritten Schritt zu halten und schnell wirksame Ansätze zur Bewältigung neu auftretender Risiken zu entwickeln. Sie sollte eng mit der Biowaffenkonvention, der WHO und anderen internationalen Institutionen zusammenarbeiten.

Um das Risiko sinnvoll zu reduzieren, sollte das Unternehmen Interventionen während des gesamten biowissenschaftlichen und biotechnologischen Forschungs- und Entwicklungslebenszyklus unterstützen – von der Finanzierung über die Durchführung bis hin zur Veröffentlichung oder Kommerzialisierung. Es sollte:

- Unterstützung eines umfassenden und systematischen DNA-Synthese-Screenings, um zu verhindern, dass die Bausteine gefährlicher Krankheitserreger in die Hände böswilliger Akteure gelangen. Die neue Einheit sollte ein effektiveres und umfassenderes internationales Screening unterstützen und gleichzeitig die mit der Benchtop-Synthese verbundenen Risiken reduzieren.
- Unterstützung der Entwicklung von Biosicherheitsstandards zur Verwendung durch biowissenschaftliche Geldgeber, die in der einzigartigen Position sind, Anreize für die Aufnahme von Biosicherheitsmaßnahmen in Zuschuss- oder Investitionsvorschläge zu schaffen. Dies könnte die Entwicklung strengerer Überprüfungsverfahren für die Vorfinanzierung umfassen, um das Risiko zu verringern

Geldgeber werden Arbeiten unterstützen, denen wichtige Sicherheitsvorkehrungen fehlen oder die aus Sicht der Biosicherheit anderweitig riskant sind.

- Universitäten und Industrie bei der Entwicklung effektiver Ansätze anleiten, um die Aufsicht über biowissenschaftliche Forschung mit doppeltem Verwendungszweck, die in ihren Labors durchgeführt wird, zu stärken.
- Unterstützen Sie eine effektive Überprüfung der Biosicherheit vor der Veröffentlichung. Das Unternehmen könnte mit Redakteuren und Verlegern zusammenarbeiten, um die Biosicherheitsprüfung von Manuskripten zu verbessern und die Risiken der öffentlichen Veröffentlichung von Gefahren zu verringern (dh Informationen, die das Risiko eines vorsätzlichen Missbrauchs von biowissenschaftlichem Wissen und biotechnologischen Fähigkeiten erhöhen können).

4

Entwickeln Sie einen katalytischen globalen Gesundheitssicherheitsfonds, um den Aufbau von Kapazitäten zur Vorbereitung auf Pandemien in Ländern auf der ganzen Welt zu beschleunigen

Die COVID-19-Pandemie hat die Ungleichheiten bei der internationalen Pandemievorsorge verschärft.⁸ Vor der Pandemie schätzten Experten die Lücke bei der Vorbereitungsfinanzierung für Länder mit niedrigem und mittlerem Einkommen auf etwa 4,5 Milliarden US-Dollar pro Jahr; eine Lücke, die seitdem nur noch größer geworden ist.⁹ Das hochrangige Gremium der G20 kam zu dem Schluss, dass die Regierungen in den nächsten fünf Jahren mindestens 75 Milliarden US-Dollar zur Finanzierung der Pandemieprävention und -vorsorge bereitstellen müssen. Ein neuer, katalytischer Finanzierungsmechanismus, der in der Lage ist, Ressourcen aus einer Vielzahl von Quellen zusammenzuführen, würde das globale System verändern, Ressourcen und Aufmerksamkeit auf die Länder lenken, die sie am dringendsten benötigen, und kritische Lücken in der globalen Gesundheitssicherheitsarchitektur schließen.¹⁰

Nationale Führer, Entwicklungsbanken, philanthropische Spender und der Privatsektor sollten einen neuen Finanzierungsmechanismus einrichten und mit Ressourcen ausstatten, um die globale Gesundheitssicherheit und die Pandemievorsorge zu stärken.

- Dieser Mechanismus muss in den nächsten 10 Jahren jährlich mindestens 10 Milliarden US-Dollar mobilisieren. Der Mechanismus sollte sich an den Ländern mit dem größten Bedarf orientieren und auf klaren Metriken durch strenge Bewertungen basieren, wie z. B. die gemeinsame externe Bewertung und andere Ressourcen wie der Global Health Security Index.
- Dieser neue Finanzierungsmechanismus sollte Investitionen in allen Sektoren katalysieren und Mittel von Regierungen, multilateralen Organisationen, Nichtregierungsorganisationen, Spendern des Privatsektors, Philanthropen und einzelnen Spendern anziehen.
- Die Mittel sollten transparent ausgezahlt werden, um Ressourcen in berechnete Länder zu lenken, um die Fortschritte in Richtung spezifischer, messbarer Benchmarks für die Vorbereitung auf eine Pandemie zu beschleunigen.

⁸ Siehe zum Beispiel Second Report on Progress, Erstellt vom Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response for the WHO Executive Board, Januar 2021, S. 5–6.

⁹ *Finanzierung der Bereitschaft und Reaktion auf eine Pandemie*, Background Paper 14, Independent Panel for Pandemic Preparedness and Response, Mai 2021, p. 16.

¹⁰ Siehe Pandemic Action Network Policy Brief, *Ein neuer multilateraler Finanzierungsmechanismus für globale Gesundheitssicherheit und Pandemievorsorge*, August 2021, <https://pandemicactionnetwork.org/wp-content/uploads/2021/08/A-New-Multilateral-Financing-Mechanism-for-Global-Health-Security-and-Pandemic-Preparedness.pdf>. NTI unterstützt nachdrücklich die in diesem Brief dargelegten zusätzlichen Empfehlungen und Prioritäten, die mit den Empfehlungen in diesem Dokument übereinstimmen und diese unterstützen.

Das Design und der Betrieb des Fonds sollten katalytisch wirken und die nationalen Regierungen dazu anregen, langfristig in ihre eigene Vorsorge zu investieren.

- Darlehen und Zuschüsse über den Mechanismus sollten innerhalb des Staatshaushalts eines Landes verwaltet werden, um die Rechenschaftspflicht zu erhöhen, Anreize für die Mobilisierung inländischer Ressourcen zu schaffen und einen nachhaltigen Weg zur Verlagerung von Rechnungslegungslinien weg von Geberbilanzen hin zu Staatshaushalten zu fördern.
- Um das Problem der Abhängigkeit von Hilfe zu überwinden, sollte der Mechanismus verschiedene Übereinstimmungsniveaus für die Empfänger festlegen, angepasst an ihre individuellen Bedürfnisse und Mittel.
- Der Mechanismus sollte bestehende Mechanismen wie den Notfallfonds der WHO für Notfälle und andere über die Vereinten Nationen und die Weltbank verfügbare Mittel ergänzen.
- Ausgezählte Mittel sollten Bereitschaftsaktivitäten priorisieren, die langfristigen Kapazitäten der Länder stärken und sicherstellen, dass die Bereitschaft eine politische und budgetäre Priorität bleibt.

5 Etablieren Sie einen robusten internationalen Prozess, um die Herausforderung der Resilienz der Lieferkette anzugehen

Wie von den Übungsteilnehmern hervorgehoben, hat die COVID-Pandemie erhebliche Schwächen in den globalen Lieferketten für kritische medizinische und öffentliche Gesundheitsversorgung aufgedeckt. Robuste Systeme zur Sicherstellung der Verfügbarkeit von PSA, Testmaterial und biomedizinischer Ausrüstung sind ein internationales öffentliches Gut, das für die Reaktion auf zukünftige Pandemien von entscheidender Bedeutung sein wird. Um dieses Ziel zu erreichen, bedarf es einer energischen, fokussierten Planung und Koordination, die stattfinden muss, bevor der dringende Bedarf entsteht. Um effektiv zu sein, sollte eine solche Initiative auf den Erfahrungen aufbauen, die aus den Bemühungen der UN COVID-19 Supply Chain Task Force und des Access to COVID-19 Tools Accelerator gezogen wurden.

Der UN-Generalsekretär sollte ein hochrangiges Gremium einberufen, um Empfehlungen für entscheidende Maßnahmen zu entwickeln, um die Widerstandsfähigkeit der globalen Lieferkette für medizinische und öffentliche Gesundheitsversorgung zu stärken, einschließlich:

- Entwicklung robusterer verteilter Produktionskapazitäten, die benötigte Lieferungen auf der ganzen Welt bereitstellen können,
- Erleichterung der Lieferverteilung mit Schwerpunkt auf Transportressourcen und vorab festgelegte Lieferanten-Händler-Empfänger-Beziehungen,
- Fokussierte Unterstützung zur Verbesserung der Kapazitäten zur Lieferung von Lieferungen über die „letzte Meile“ in Entwicklungsländern.

Anhang A. Experten, die zur Szenarioentwicklung beitragen

NTI hat im Dezember 2020 eine vielfältige Expertengruppe einberufen, um über das Tabletop-Übungsszenario zu beraten. Diese Experten nahmen als Einzelpersonen teil – nicht als Vertreter ihrer jeweiligen Organisationen – und sie unterstützen die Empfehlungen in diesem Bericht nicht unbedingt.

Dr. Hillary Carter

Leitender Berater im Büro zur Abwehr von Massenvernichtungswaffen
Heimatschutzministerium

Dr. Sarah Carter

Rektor
Wissenschaftspolitikberatung, LLC

Dr. Bradley Dickerson

Senior Manager, Global Chemical and Biological Security
Sandia National Laboratories

Dr. Diane DiEuliis

Altes Mitglied
Nationale Verteidigungsuniversität

Dr. James Diggans

Direktor, Datenwissenschaft und Biosicherheit
Twist Biosciences

Dr. Jessica Dymond

Assistant Program Area Manager, Gesundheitsschutz und -sicherung, National Health
John Hopkins Labor für Angewandte Physik

Dr. Dylan George

Vizepräsident
Ginkgo Bioworks
Ehemaliger Vizepräsident, Technischer Stab
In-Q-Tel

Dr. John Glas

Professor und Leiter, JCVI Synthetic Biology Group J.
Craig Venter Institute

Amanda Glasmann

Executive Vice President und Senior Fellow
Center for Global Development

Dr. William Hanage

Außerordentlicher Professor für Epidemiologie,
Harvard TH Chan School of Public Health

Dr. Lawrence Kerr

Direktor, Büro für Pandemien und neu auftretende Bedrohungen,
Abteilung für Gesundheit und menschliche Dienste

Jeremy Konyndyk

Exekutivdirektor der COVID-19 Task Force und
Senior Advisor
Agentur der Vereinigten Staaten für internationale Entwicklung
(USAID)

Amb. (im Ruhestand) Bob Mikulak

Expert Advisor für Fragen zu chemischen und biologischen
Waffen
US-Außenministerium

Ryan Morhard

Direktor, Politik und Partnerschaften, Concentric
Ginkgo Bioworks

Dr. Jennifer Nuzzo

Senior Scholar und Visiting Faculty, Center for Health
Security
John Hopkins Bloomberg School of Public Health

Dr Megan Palmer

Exekutivdirektor von Bio Policy & Leadership Initiatives,
Department of Bioengineering
Universität in Stanford

Chris Park

Leitender Berater, Internationale Sicherheit und
Nichtverbreitung
Büro des Unterstaatssekretärs für Rüstungskontrolle und
internationale Sicherheit
US-Außenministerium

Carolyn Reynolds

Mitbegründer
Pandemie-Aktionsnetzwerk

Deborah Rosenblum

Executive Vice President
Nuclear Threat Initiative

Jonas Sandbrink

Biosicherheitsforscher
Institut der Zukunft der Menschheit

Anhang B. Zusammenfassung des epidemiologischen Modells

Entwickelt von Dr. Ellie Graeden Trae Wallace, Talus Analytics

Die epidemiologischen Elemente des Übungsszenarios wurden unter Verwendung eines standardmäßigen Susceptible-Exposed-Infectious-Recovered (SEIR)-Kompartimentmodells entwickelt. Das Modell geht von keiner asymptomatischen Ausbreitung aus. Die Struktur des Modells ist in Abbildung B-1 zusammengefasst. Eine im Labor modifizierte Version von Affenpocken wurde absichtlich über Aerosole in Bahnhöfen im fiktiven Land Brinia (Bevölkerung 250 Millionen) von Agenten einer Terroristengruppe freigesetzt, die im benachbarten Arnica (Bevölkerung 75 Millionen) operiert.

Durch absichtliche Modifikationen, die von Arnican-Virologielaborwissenschaftlern vorgenommen wurden, die mit den Arnican-Terroristen sympathisieren, wird angenommen, dass dieser Affenpocken-Stamm ansteckender ist als natürlich vorkommende Affenpocken mit einer grundlegenden Reproduktionszahl (R_0) für den modifizierten Stamm von 3 im Vergleich zu 2,13 für den Wildtyp-Stamm.¹¹ Der im Labor modifizierte Stamm ist auch so konstruiert, dass er gegen den Pockenimpfstoff resistent ist. Es wird angenommen, dass die Impfesistenz durch die Einführung des Interleukin-4-Gens angetrieben wird, wie in früheren Mauspockenstudien gezeigt wurde.¹² Wir gehen von einer Sterblichkeitsrate von etwa 10 Prozent aus, was mit den zuvor beschriebenen Affenpockenausbrüchen übereinstimmt.¹³

Modellierung von Zustandsbeschreibungen

Die folgenden Aufzählungspunkte fassen die Zustände des SEIR-Modells zusammen und wie einzelne Modellagenten sie durchlaufen. (Weitere Einzelheiten zu jedem Parameter finden Sie in den Tabellen B-1 und B-2 auf den Seiten 30 und 31.)

- **Anfällig.** Anfangszustand für alle Personen in einem vollständig prädiktiven Lauf. In Fällen, in denen der Modelllauf auf der Grundlage früherer Fälle initiiert wird, umfasst die anfällige Gruppe den Anteil der Personen, die zuvor nicht exponiert waren.
- **Ausgesetzt.** Personen wechseln von anfällig zu exponiert, wenn sie mit infektiösen Personen in Kontakt kommen, und zwar mit einer Rate, die durch die Anzahl der Kontakte bestimmt wird, die Personen miteinander haben. Alle exponierten Personen gehen nach acht Tagen in milde Fälle über (Infiziert1).

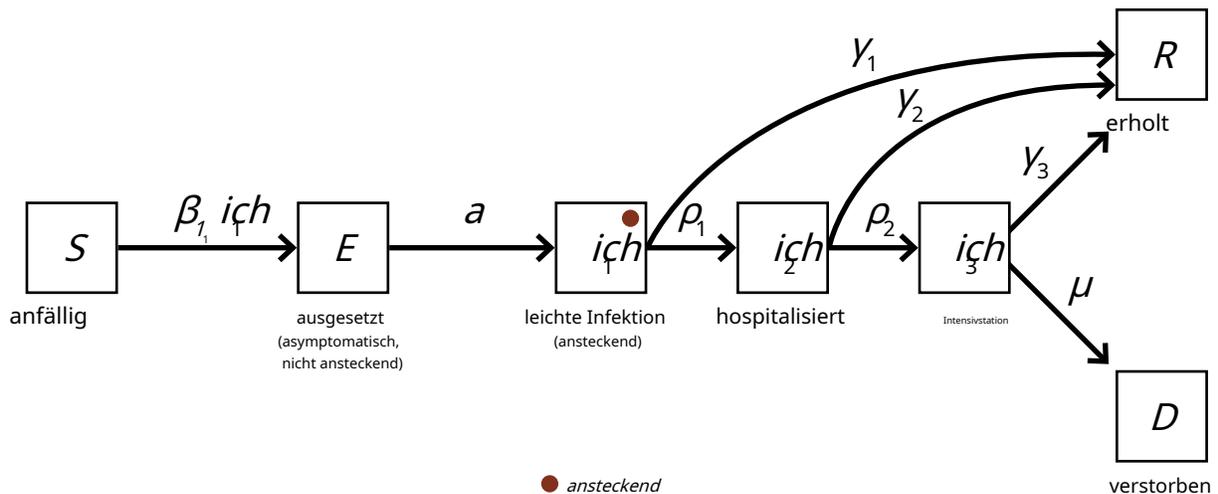
¹¹ Rebecca Grant, Liem-Binh Luong Nguyen und Romulus Breban, „Modellierung der Mensch-zu-Mensch-Übertragung von Affenpocken“, *Bulletin der Weltgesundheitsorganisation* 98, Nr. 9 (1. September 2020): 638–640, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7463189/>.

¹² RJ Jackson, AJ Ramsay, CD Christensen, S. Beaton, DF Hall und IA Ramshaw, „Expression of Mouse Interleukin-4 by a Recombinant Ectromelia Virus Suppresses Cytolytic Lymphocyte Responses and Overcomes Genetic Resistance to Mousepox“ *J Virology* 75, Nr. 3 (Februar 2001): 1205–10. doi: 10.1128/JVI.75.3.1205-1210.2001. PMID: 11152493; PMC-ID: PMC114026.

¹³ WHO, „Affenpocken – Demokratische Republik Kongo“, *Nachrichten über Krankheitsausbrüche* (1. Oktober 2020), <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/monkeypox-democratic-republic-of-the-congo>.

- **Infiziert1.** Das sind milde Fälle. Nach ungefähr einer Woche verschlechtern sich 50 Prozent dieser Fälle und erfordern einen Krankenhausaufenthalt (Status „Infiziert2“), während die verbleibenden 50 Prozent in den Status „Erholt“ übergehen.
- **Infiziert2.** Dies sind schwere, stationäre Fälle, die eine Behandlung außerhalb der Intensivstation erfordern. Nach ungefähr einer Woche verschlechtern sich 40 Prozent dieser Fälle und erfordern daher eine Intensivstation (infiziert3), während die verbleibenden 60 Prozent in den Zustand „Erholt“ übergehen.
- **Infiziert3.** Dies sind kritische Fälle, die eine Behandlung auf der Intensivstation erfordern. Dieses Modell geht davon aus, dass alle Todesfälle zuerst diese Kategorie durchlaufen müssen. Nach ungefähr einer Woche führen 50 Prozent dieser Fälle zum Tod, während die verbleibenden 50 Prozent zu Genesen fortschreiten.
- **Wiederhergestellt.** Dieses Kompartiment umfasst alle Personen, die die Krankheit bereits hatten (mit Ausnahme der Verstorbenen). Für die Zwecke des Modells gelten genesene Personen als immun gegen zukünftige Infektionen.
- **Verstorben.** Personen, die an den Folgen der Krankheit gestorben sind. Alle Todesfälle resultieren aus Fällen auf der Intensivstation (infiziert3) und machen ungefähr 10 Prozent aller Fälle aus.

Abbildung B-1. Struktur des SEIR-Kompartimentmodells



Zugeordnete Parameter für jeden sind in Tabelle B-1 unten beschrieben.

Tabelle B-1. Schlüsselparameter

Parameter	Symbol	Wert	Quelle
Übertragungsrate	Beta (β)	0,175	Szenarioannahme
Präsymptomatische Phase	–	8 Tage	14
Milde Infektionsdauer	–	14 Tage	15
Krankenhausaufenthalt (Genesung/Tod)	–	18 Tage	ebenda.
Asymptomatische Fälle	–	0%	16
Hospitalisierungsrate	Rho1 (ρ_1)	50%	17 und Szenarioannahme
Intensivstation für Krankenhausaufenthalt erforderlich	Rho2 (ρ_2)	40%	ebenda.
Tod für Fälle auf der Intensivstation	Mu (μ)	50%	ebenda.
Gesamtsterblichkeitsrate (CFR)	–	10%	18

Die Freisetzung in Brinia führt zu 150 Erstinfektionen am 15. Mai 2022 und 10 versehentlich infizierten Arnikanern. Bis zum 1. Juni haben Reisen von Brinia zu Infektionen im Rest der Welt geführt. Elemente der Reaktion auf nationaler Ebene wurden ebenfalls in das Modell aufgenommen, wobei ein grundlegender Rahmen zur Anpassung der Kontaktrate Beta (die sich auf R auswirkt) verwendet wurde, um die Auswirkungen der sozialen Distanzierung auf die Übertragung darzustellen (einschließlich Sperrungen und Anordnungen, zu Hause zu bleiben). Die Weltbevölkerung, mit Ausnahme derjenigen, die in Arnica und Brinia leben, wurde in drei Kategorien eingeteilt, die die Qualität der Reaktion der öffentlichen Gesundheit auf nationaler Ebene widerspiegeln – als „effektiv“, „bescheiden“ oder „mangelhaft“ bezeichnet. Die Bevölkerung der Länder mit „schlechten“ Antworten stellt 4,4 Milliarden Menschen dar, während Länder mit „bescheidenen“ und „wirksamen“ Antworten jeweils 1,5 Milliarden Menschen repräsentieren. Brinias Antwort wird als „Schlecht“ definiert; und Arnicas Reaktion wird als „moderat“ definiert. Darüber hinaus haben die fiktiven Länder Cardus und die Republik Dranma „schlechte“ bzw. „wirksame“ Antworten und haben jeweils eine Bevölkerung von 60 Millionen und 10 Erstfälle. Die spezifischen Daten und Auswirkungen auf die Übermittlung jeder Antwort sind in Tabelle B-2, Seite 31 aufgeführt.

Alle Länder reagieren auf den aufkommenden Ausbruch in Brinia nach Move 1 am 5. Juni 2022. Diese Maßnahmen wirken sich auf die Übertragungsrate aus, bringen aber die effektive Gesamtproduktionszahl des Virus nicht unter 1. Alle Länder handeln Anfang 2023 erneut. Für die Länder bei einer Antwort „Schlecht“ ist diese Aktion noch zu klein

¹⁴ Ellen M. Beer & V. Bhargavi Rao, „Eine systematische Überprüfung der Epidemiologie menschlicher Affenpockenausbrüche und Implikationen für die Ausbruchstrategie“, *PLOS vernachlässigte Tropenkrankheiten* (16. Oktober 2019), <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0007791>.

¹⁵ Andrea M. McCollum & Inger K. Damon, „Human Monkeypox“, *Klinische Infektionen* Krankheiten 58, Nr. 2 (Januar 2014): 260–7, <https://academy.oup.com/cid/article/58/2/260/335791>.

¹⁶ Daniel B. Di Giulio & Paul B. Eckburg, „Human Monkeypox: An Emerging Zoonosis“, *Lancet Infect Dis* 4, nr. 1 (Januar 2004): 15–25, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14720564/>.

¹⁷ Geschätzt aus mittelschweren/krankenhausbehandelten und schweren Fällen, um die Sterblichkeitsrate zu erreichen. Inger K. Damon, „Status der Affenpocken beim Menschen: Klinische Krankheit, Epidemiologie und Forschung“, *Impfung* 29 (2011): D54-D59, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264410X1100524X>.

¹⁸ WHO, „Monkeypox“, 2019, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/monkeypox>.

und lässt das R deutlich über 1. Die Länder mit „moderater“ Reaktion öffnen sich im Januar und erhöhen R auf ungefähr 2,2, bevor sie im Sommer 2023, wenn der Ausbruch unbestreitbar ist, schließen. Schließlich sperren die Länder mit „effektiver“ Reaktion im Februar 2023 aggressiv und halten R während der restlichen Übung unter 1.

Die kombinierte globale Pandemie führt bis Ende Dezember 2023 zu mehr als drei Milliarden kumulativen Fällen und mehr als 270 Millionen Todesfällen. Auf dem Höhepunkt der Pandemie sind fast 500 Millionen Menschen gleichzeitig infiziert, und es gibt 161 Millionen Menschen gleichzeitig einen Krankenhausaufenthalt benötigen.

Das Modell wurde in Python geschrieben, mit Konfiguration und Visualisierung über Jupyter-Notebooks.

Tabelle B-2. Nicht-pharmazeutische Interventionsdaten und Auswirkungen

Effektive nationale Reaktion		
Datum	Beta	R
6.6.22	0,09	1,89
2/7/23	0,01	0,77
Bescheidene nationale Reaktion		
Datum	Beta	R
6.6.22	0,08	1,75
11.1.23	0,11	2.17
11.3.23	0,08	1,75
15.7.23	0,007	0,728
Schlechte nationale Resonanz		
Datum	Beta	R
6.6.22	0,15	2.73
15.01.23	0,085	1,82

Über die Autoren

Jaime M. Yassif, Ph.D.

Senior Fellow, Global Biological Policy and Programs, NTI

Dr. Jaime M. Yassif ist Senior Fellow für Global Biological Policy and Programs am NTI, wo sie mehrere große Biosicherheitsprojekte leitet, die sich auf die Stärkung der Governance der Dual-Use-Biowissenschaften und die Reduzierung globaler katastrophaler biologischer Risiken konzentrieren. Yassif war zuvor als Program Officer bei Open Philanthropy tätig, wo sie die Initiative Biosecurity and Pandemic Preparedness leitete. In dieser Funktion empfahl und verwaltete sie rund 40 Millionen US-Dollar an Biosicherheitszuschüssen, die das Feld wieder aufbauten und die Arbeit in mehreren Schlüsselbereichen unterstützten, darunter die Entwicklung neuer Biosicherheitsprogramme in mehreren führenden Think Tanks, die Einrichtung des Global Health Security Index und die Initiierung neuer Biosicherheitsarbeiten in China und Indien und die Gestaltung eines neuen öffentlichen Diskurses über globale katastrophale biologische Risiken. Zuvor

Kevin P. O'Prey, Ph.D.

Geschäftsführender Gesellschafter, The Palisades Group, LLC

Dr. Kevin P. O'Prey war Moderator der jährlichen Biosicherheitsübungen der Nuclear Threat Initiative auf der Münchner Sicherheitskonferenz. Als Managing Partner der Palisades Group beaufsichtigt O'Prey Analyse- und Moderationsprojekte für die US-Bundesregierung, den Privatsektor und internationale Organisationen. Zuvor war er Mitbegründer und Präsident von Obsidian Analysis, Inc. und Präsident von DFI Government Services. Er erwarb seinen Ph.D. in Politikwissenschaft am Security Studies Program des MIT.

Christopher R. Isaac, M.Sc.

Programmassistent, globale biologische Politik und Programme, NTI

Herr Christopher R. Isaac ist Programmassistent für globale biologische Richtlinien und Programme bei NTI. Isaac beschäftigt sich seit Beginn seiner wissenschaftlichen Karriere im Rahmen des Internationally Genetically Engineered Machines (iGEM) Wettbewerbs mit synthetischer Biologie und bringt eine Mischung aus Fähigkeiten in den Bereichen Politik, Biochemie und Programmierung mit. Isaac hat einen B.Sc. in Biowissenschaften mit Nebenfach Philosophie und M.Sc. in Biochemie (Bioinformatik) von der University of Lethbridge. Er ist Absolvent der Emerging Leaders in Biosecurity Fellowship am Johns Hopkins Center for Health Security und Mitglied des iGEM Safety and Security Committee.

Über die Nuclear Threat Initiative

NTI ist eine gemeinnützige globale Sicherheitsorganisation, die sich auf die Reduzierung nuklearer und biologischer Bedrohungen konzentriert, die die Menschheit gefährden. www.nti.org

Mehr von NTI | bio



Juni 2019

Eine sich ausbreitende Seuche: Lehren und Empfehlungen für die Reaktion auf ein vorsätzliches biologisches Ereignis

*Beth Cameron, Ph.D.,
Rebecca Katz, Ph.D., MPH,
Jeremy Konyndyk, MSFS, und
Michelle Nalabandian, MFS*



September 2020

Vermeidung globaler katastrophaler biologischer Risiken: Lehren und Empfehlungen aus einer Planübung, die auf der Münchner Sicherheitskonferenz 2020 abgehalten wurde

*Beth Cameron, Ph.D.,
Jaime Yassif, Ph.D.,
Jacob Jordan, Ph.D., und
Jacob Eckles, MPH*

Weitere Informationen finden Sie unter www.nti.org/bio.

