

François Diaz-Maurin: Nirgendwo kann man sich verstecken. Wie ein Atomkrieg Sie – und fast alle anderen – töten würde, *Bulletin of the Atomic Scientists*, 20. Oktober 2022

In diesem Sommer veröffentlichte die Notfallmanagementbehörde der Stadt New York eine neue öffentliche Bekanntmachung zur nuklearen Vorsorge, in der die New Yorker darüber informiert wurden, wie sie sich im Falle eines Atomangriffs verhalten sollen. Das 90 Sekunden lange Video beginnt mit einer Frau, die ganz beiläufig die katastrophale Nachricht verkündet: „Es gab also einen Atomangriff. Fragt mich nicht, wie oder warum, wisst einfach, dass es passiert ist.“ Anschließend gibt das Video den New Yorkern Ratschläge, wie sie sich im Falle eines Atomangriffs verhalten sollen: Gehen Sie ins Haus, bleiben Sie dort und verfolgen Sie die Nachrichten in den Medien und die aktuellen Meldungen der Regierung.

Aber nukleare Vorsorge funktioniert nur, wenn Sie sich nicht im Explosionsradius eines Atomangriffs befinden. Andernfalls können Sie sich nicht in Ihr Haus begeben und die Türen schließen, da das Haus nicht mehr existieren wird. Stellen Sie sich nun vor, es hätte Hunderte dieser „großen Bomben“ gegeben. Das würde selbst ein „kleiner“ Atomkrieg mit sich bringen. Wenn Sie das Glück haben, sich nicht im Explosionsradius eines solchen Angriffs zu befinden, ruiniert das vielleicht nicht Ihren Tag, aber schon bald Ihr ganzes Leben.

Auswirkungen einer einzelnen nuklearen Explosion

Jede nukleare Explosion erzeugt Strahlung, Hitze und Explosionswellen, die zu vielen schnellen Todesfällen führen.

Direkte Strahlung ist die unmittelbarste Auswirkung der Detonation einer Atomwaffe. Sie entsteht durch die Kernreaktionen im Inneren der Bombe und tritt hauptsächlich in Form von Gammastrahlen und Neutronen auf.

Direkte Strahlung dauert weniger als eine Sekunde, aber ihre tödliche Wirkung kann sich über eine Meile in alle Richtungen vom Detonationspunkt einer modernen Atomwaffe mit einer Sprengkraft von mehreren hundert Kilotonnen TNT erstrecken.

Mikrosekunden nach der Explosion einer Atomwaffe erwärmt die in Form von Röntgenstrahlen freigesetzte Energie die Umgebung und bildet einen Feuerball aus überhitzter Luft. Im Inneren des Feuerballs sind Temperatur und Druck so extrem, dass alle Materie in ein heißes Plasma aus bloßen Kernen und subatomaren Teilchen umgewandelt wird, wie es im mehrere Millionen Grad heißen Kern der Sonne der Fall ist.

Der Feuerball, der auf die Luftpdetonation einer 300-Kilotonnen-Atombombe folgt – wie beispielsweise der thermonukleare Sprengkopf W87, der auf den Minuteman-III-Raketen eingesetzt wird, die derzeit im US-Atomwaffenarsenal im Einsatz sind –, kann einen Durchmesser von mehr als 600 Metern erreichen und bleibt mehrere Sekunden lang blendend hell, bevor seine Oberfläche abkühlt.

Das von der Hitze des Feuerballs ausgestrahlte Licht – das mehr als ein Drittel der Sprengenergie der thermonuklearen Waffe ausmacht – ist so intensiv, dass es Brände entfacht und selbst in großer Entfernung schwere Verbrennungen verursacht. Der thermische Blitz einer 300-Kilotonnen-Atombombe kann bis zu 13 Kilometer vom Explosionsort entfernt Verbrennungen ersten Grades verursachen.

Dann kommt die Druckwelle.

Die Druckwelle – die etwa die Hälfte der Sprengenergie der Bombe ausmacht – bewegt sich zunächst schneller als die Schallgeschwindigkeit, verlangsamt sich jedoch rapide, da sie beim Durchqueren der Atmosphäre an Energie verliert.

Da die Strahlung die Atmosphäre um den Feuerball herum überhitzt, dehnt sich die Luft in der Umgebung aus und wird schnell nach außen gedrückt, wodurch eine Schockwelle entsteht, die auf alles in ihrem Weg trifft und eine große Zerstörungskraft hat.

Die Zerstörungskraft der Druckwelle hängt von der Sprengkraft der Waffe und der Höhe der Explosion ab.

Eine Luftpdetonation mit einer Sprengkraft von 300 Kilotonnen würde eine Druckwelle mit einem Überdruck von über 5 Pfund pro Quadratzoll (oder 0,3 Atmosphären) bis zu 4,7 Kilometer vom Ziel entfernt erzeugen. Dieser Druck reicht aus, um die meisten Häuser zu zerstören, Wolkenkratzer zu demontieren und innerhalb von weniger als 10 Sekunden nach der Explosion zahlreiche Todesopfer zu fordern.

Radioaktiver Niederschlag

Kurz nachdem die nukleare Detonation den größten Teil ihrer Energie in Form von direkter Strahlung, Hitze und Druckwelle freigesetzt hat, beginnt sich der Feuerball abzukühlen und aufzusteigen, wodurch die bekannte Pilzwolke entsteht. In ihm befindet sich eine hochradioaktive Mischung aus gespaltenen Atomen, die schließlich aus der Wolke herausfallen, wenn sie vom Wind weggeweht wird. Radioaktiver Niederschlag, eine Form verzögelter Radioaktivität, setzt die Überlebenden der Nachkriegszeit einer fast tödlichen Dosis ionisierender Strahlung aus.

Was die Explosion betrifft, hängt die Schwere der Fallout-Kontamination von der Spaltungsleistung der Bombe und ihrer Explosionshöhe ab. Bei Waffen mit einer Sprengkraft von mehreren hundert Kilotonnen kann das unmittelbare Gefahrengebiet Tausende von Quadratkilometern in Windrichtung vom Detonationsort umfassen. Die Strahlungswerte werden zunächst von Isotopen mit kurzer Halbwertszeit dominiert, die am energiereichsten und daher für biologische Systeme am gefährlichsten sind. Die akut tödlichen Auswirkungen des Fallouts halten Tage bis Wochen an, weshalb die Behörden empfehlen, mindestens 48 Stunden lang im Haus zu bleiben, damit die Strahlenbelastung abnehmen kann.

Da die Auswirkungen relativ verzögert eintreten, ist es schwierig, die Zahl der Opfer des Fallouts abzuschätzen; die Zahl der Todesfälle und Verletzungen hängt stark

davon ab, welche Maßnahmen die Menschen nach einer Explosion ergreifen. In der Nähe einer Explosion werden jedoch Gebäude vollständig zerstört sein, sodass Überlebende keinen Schutz finden können. Überlebende, die sich weniger als 460 Meter (1.500 Fuß) von einer 300-Kilotonnen-Atomexplosion entfernt befinden, werden einer ionisierenden Strahlendosis von 500 Röntgenäquivalentmann (rem) ausgesetzt sein. „Es wird allgemein angenommen, dass Menschen, die auf einmal einer Strahlung von etwa 500 rem ausgesetzt sind, ohne medizinische Behandlung wahrscheinlich sterben werden“, sagt die US-amerikanische Atomaufsichtsbehörde.

In einer so geringen Entfernung vom Explosionsort würde eine 300-Kilotonnen-Atomexplosion jedoch mit ziemlicher Sicherheit jeden Menschen verbrennen und zerquetschen. Je höher die Sprengkraft der Atomwaffe ist, desto kleiner ist die akute Strahlungszone im Verhältnis zu ihren anderen unmittelbaren Auswirkungen.

Eine Detonation eines modernen 300-Kilotonnen-Atomsprengkopfs – also eines Sprengkopfs, dessen Sprengkraft fast zehnmal so groß ist wie die der Atombomben von Hiroshima und Nagasaki zusammen – in einer Stadt wie New York würde in den ersten 24 Stunden nach der Explosion über eine Million Tote und etwa doppelt so viele Schwerverletzte fordern. In einem Umkreis von mehreren Kilometern um den Explosionsort gäbe es fast keine Überlebenden.

1.000.000 Tote nach 24 Stunden

Unmittelbare Auswirkungen eines Atomkriegs

In einem Atomkrieg würden innerhalb weniger Minuten Hunderte oder Tausende von Detonationen stattfinden.

Ein regionaler Atomkrieg zwischen Indien und Pakistan, bei dem etwa 100 Atomwaffen mit einer Sprengkraft von 15 Kilotonnen auf städtische Gebiete abgefeuert würden, hätte 27 Millionen direkte Todesopfer zur Folge.

Ein globaler totaler Atomkrieg zwischen den Vereinigten Staaten und Russland mit über viertausend 100-Kilotonnen-Atomsprengköpfen würde zu mindestens 360 Millionen schnellen Todesfällen führen.¹ Das sind etwa 30 Millionen Menschen mehr als die gesamte Bevölkerung der USA.

In einem totalen Atomkrieg zwischen Russland und den Vereinigten Staaten würden sich die beiden Länder nicht darauf beschränken, Atomraketen auf das jeweils andere Land abzufeuern, sondern einen Teil ihrer Waffen auch auf andere Länder richten, darunter auch solche, die über Atomwaffen verfügen. Diese Länder könnten als Vergeltungsmaßnahme einen Teil oder alle ihre Waffen einsetzen.

Zusammen verfügen Großbritannien, China, Frankreich, Israel, Indien, Pakistan und Nordkorea derzeit über schätzungsweise insgesamt mehr als 1.200 Atomsprengköpfe.

So schrecklich diese Zahlen auch sind, die zig bis hunderte Millionen Toten und Verletzten in den ersten Tagen eines Atomkonflikts wären nur der Anfang einer Katastrophe, die schließlich die ganze Welt erfassen würde.

Globale Klimaveränderungen, weit verbreitete radioaktive Kontamination und der Zusammenbruch der Gesellschaft praktisch überall könnten die Realität sein, mit der die Überlebenden eines Atomkrieges viele Jahrzehnte lang zu kämpfen hätten.

Zwei Jahre nach einem Atomkrieg – egal ob klein oder groß – könnte allein die Hungersnot mehr als zehnmal so viele Todesopfer fordern wie die Hunderte von Bombenexplosionen, die der Krieg selbst verursacht hat.

Die langfristigen Folgen eines Atomkriegs

In den letzten Jahren hat sich in einigen Kreisen des US-Militärs und der Politik zunehmend die Auffassung durchgesetzt, dass ein begrenzter Atomkrieg geführt und gewonnen werden kann. Viele Experten glauben jedoch, dass ein begrenzter Atomkrieg wahrscheinlich nicht begrenzt bleiben wird. Was mit einem taktischen Atomschlag oder einem nuklearen Schlagabtausch zwischen zwei Ländern beginnt, könnte zu einem totalen Atomkrieg eskalieren, der mit der sofortigen und vollständigen Zerstörung beider Länder endet.

Die Katastrophe würde sich jedoch nicht auf diese beiden Kriegsparteien und ihre Verbündeten beschränken.

Die langfristigen regionalen und globalen Auswirkungen von Atomexplosionen wurden in der öffentlichen Diskussion von den schrecklichen, offensichtlichen lokalen Folgen von Atomexplosionen überschattet. Militärplaner haben sich ebenfalls auf die kurzfristigen Auswirkungen von Nuklearexplosionen konzentriert, da sie die Aufgabe haben, die Fähigkeiten von Nuklearstreitkräften gegenüber zivilen und militärischen Zielen einzuschätzen. Explosionen, lokaler radioaktiver Niederschlag und elektromagnetische Impulse (intensive Radiowellen, die elektronische Geräte beschädigen können) sind aus militärischer Sicht allesamt gewünschte Ergebnisse des Einsatzes von Atomwaffen.

Aber weit verbreitete Brände und andere globale Klimaveränderungen, die durch viele nukleare Explosionen verursacht werden, werden in Kriegsplänen und Nukleardoktrinen möglicherweise nicht berücksichtigt. Diese Kollateralwirkungen sind schwer vorherzusagen; ihre Bewertung erfordert wissenschaftliche Kenntnisse, über die die meisten Militärstrategen nicht verfügen oder die sie nicht berücksichtigen. Dennoch könnten solche Kollateralschäden in den wenigen Jahren nach einem Atomkrieg für den Tod von mehr als der Hälfte der Menschheit auf der Erde verantwortlich sein.

Globale Klimaveränderungen

Seit den 1980er Jahren, als die Gefahr eines Atomkrieges einen neuen Höhepunkt erreichte, haben Wissenschaftler die langfristigen, weitreichenden Auswirkungen eines Atomkrieges auf die Systeme der Erde untersucht. Mithilfe eines strahlungs-

konvektiven Klimamodells, das das vertikale Profil der atmosphärischen Temperaturen simuliert, zeigten amerikanische Wissenschaftler erstmals, dass es durch den Rauch, der durch die von Atomwaffen ausgelösten massiven Waldbrände nach einem Atomkrieg entsteht, zu einem nuklearen Winter kommen könnte. Zwei russische Wissenschaftler führten später die erste dreidimensionale Klimamodellierung durch, die zeigte, dass die globalen Temperaturen an Land stärker sinken würden als über den Ozeanen, was weltweit zu einem Zusammenbruch der Landwirtschaft führen könnte. Die Theorie des nuklearen Winters, die aufgrund der Ungenauigkeit der Ergebnisse aufgrund von Unsicherheiten in den Szenarien und physikalischen Parametern zunächst umstritten war, wird heute durch ausgereiftere Klimamodelle gestützt. Während die in den frühen Studien beschriebenen grundlegenden Mechanismen des nuklearen Winters auch heute noch gelten, haben neuere Berechnungen gezeigt, dass die Auswirkungen eines Atomkrieges länger anhalten und schlimmer sein würden als bisher angenommen.

Einleitung von Ruß in die Stratosphäre

Die Hitze und die Druckwelle einer thermonuklearen Explosion sind so stark, dass sie sowohl in städtischen als auch in ländlichen Gebieten großflächige Brände auslösen können. Eine 300-Kilotonnen-Detonation in einer Stadt wie New York oder Washington DC könnte einen Massenbrand mit einem Radius von mindestens 5,6 Kilometern (3,5 Meilen) verursachen, der von den Wetterbedingungen nicht beeinflusst würde. Die Luft in diesem Gebiet würde sich in Staub, Feuer und Rauch verwandeln.

Aber ein Atomkrieg würde nicht nur eine Stadt in Brand setzen, sondern Hunderte von ihnen, und das fast gleichzeitig. Selbst ein regionaler Atomkrieg – beispielsweise zwischen Indien und Pakistan – könnte zu weitreichenden Feuerstürmen in Städten und Industriegebieten führen, die das Potenzial hätten, globale Klimaveränderungen zu verursachen und jede Form von Leben auf der Erde für Jahrzehnte zu zerstören.

Der Rauch von Großbränden nach einem Atomkrieg könnte massive Mengen an Ruß in die Stratosphäre, die obere Atmosphäre der Erde, befördern. Ein totaler Atomkrieg zwischen Indien und Pakistan, bei dem beide Länder insgesamt 100 Atomsprengköpfe mit einer durchschnittlichen Sprengkraft von 15 Kilotonnen abschießen, könnte zu einer stratosphärischen Belastung von etwa 5 Millionen Tonnen (oder Teragramm, Tg) Ruß führen. Das entspricht in etwa der Masse der Großen Pyramide von Gizeh, pulverisiert und in überheizten Staub verwandelt.

Diese eher konservativen Schätzungen stammen jedoch aus den späten 2000er Jahren. Seitdem haben Indien und Pakistan ihre Atomwaffenarsenale sowohl hinsichtlich der Anzahl der Sprengköpfe als auch hinsichtlich der Sprengkraft erheblich ausgebaut. Bis 2025 könnten Indien und Pakistan jeweils über bis zu 250 Atomwaffen verfügen, deren Sprengkraft zwischen 12 Kilotonnen am unteren Ende und mehreren hundert Kilotonnen liegt. Ein Atomkrieg zwischen Indien und Pakistan mit solchen Arsenalen könnte bis zu 47 Tg Ruß in die Stratosphäre befördern.

Zum Vergleich: Die jüngsten katastrophalen Waldbrände in Kanada im Jahr 2017 und in Australien in den Jahren 2019 und 2020 verursachten jeweils 0,3 Tg und 1 Tg Rauch. Chemische Analysen ergaben jedoch, dass nur ein kleiner Prozentsatz des Rauchs aus diesen Bränden reiner Ruß war – 0,006 bzw. 0,02 Tg. Das liegt daran, dass nur Holz brannte. Stadtbrände nach einem Atomkrieg würden mehr Rauch produzieren, und ein höherer Anteil davon wäre Ruß. Diese beiden massiven Waldbrände haben jedoch gezeigt, dass Rauch, der in die untere Stratosphäre gelangt, durch Sonnenlicht erwärmt und in große Höhen – 10 bis 20 Kilometer (33.000 bis 66.000 Fuß) – aufsteigt, wodurch sich seine Verweildauer in der Stratosphäre verlängert. Genau dieser Mechanismus ermöglicht es Wissenschaftlern nun, die langfristigen Auswirkungen eines Atomkriegs besser zu simulieren. Mit ihren Modellen konnten die Forscher den Rauch dieser großen Waldbrände genau simulieren und damit die Mechanismen, die zum nuklearen Winter führen, weiter untermauern.

Die klimatischen Auswirkungen von Vulkanausbrüchen dienen auch weiterhin als Grundlage für das Verständnis der langfristigen Auswirkungen eines Atomkrieges. Vulkanausbrüche schleudern in der Regel Asche und Staub in die Stratosphäre, wo sie das Sonnenlicht zurück ins All reflektieren, was zu einer vorübergehenden Abkühlung der Erdoberfläche führt. Ebenso würden nach der Theorie des nuklearen Winters die klimatischen Auswirkungen einer massiven Einleitung von Rußaerosolen in die Stratosphäre durch Brände nach einem Atomkrieg zu einer Erwärmung der Stratosphäre, einem Ozonabbau und einer Abkühlung an der Oberfläche unter dieser Wolke führen. Vulkanausbrüche sind auch deshalb nützlich, weil ihre Stärke mit der von Atomexplosionen mithalten oder diese sogar übertreffen kann. So setzte beispielsweise der Unterwasservulkan Hunga Tonga im Jahr 2022 eine explosive Energie von 61 Megatonnen TNT frei – mehr als die Zar-Bombe, die mit 50 Mt größte von Menschen verursachte Explosion der Geschichte. Seine Rauchwolke erreichte eine Höhe von bis zu etwa 56 Kilometern (35 Meilen) und spritzte weit über 50 Tg – sogar bis zu 146 Tg – Wasserdampf in die Stratosphäre, wo er jahrelang verbleiben wird. Eine derart massive Einleitung von Wasser in die Stratosphäre könnte vorübergehend Auswirkungen auf das Klima haben – allerdings anders als Ruß.

Seit Beginn des russischen Krieges in der Ukraine haben Präsident Putin und andere russische Regierungsvertreter wiederholt mit Atomwaffen gedroht, offenbar in der Absicht, westliche Länder von einer direkten militärischen Intervention abzuschrecken. Sollte Russland jemals – freiwillig oder versehentlich – einen Atomkrieg mit den Vereinigten Staaten und anderen NATO-Ländern beginnen, könnte die Zahl der verheerenden Atomexplosionen, die mit einem vollständigen Austausch einhergehen, mehr als 150 Tg Ruß in die Stratosphäre befördern und zu einem nuklearen Winter führen, der praktisch alle Lebensformen auf der Erde über mehrere Jahrzehnte hinweg zerstören würde.

Die mit verschiedenen Szenarien eines Atomkriegs verbundenen Einleitungen von Ruß in die Stratosphäre würden zu einer Vielzahl bedeutender klimatischer und biogeochemischer Veränderungen führen, darunter Veränderungen der Atmosphäre, der Ozeane und des Landes. Solche globalen Klimaveränderungen werden länger anhalten als bisher angenommen, da die Modelle der 1980er Jahre den Aufstieg der stratosphärischen Rauchwolken nicht angemessen darstellten. Heute weiß man, dass Ruß aus nuklearen Feuerstürmen viel höher in die Stratosphäre aufsteigen

würde als ursprünglich angenommen, wo die Mechanismen zur Entfernung von Ruß in Form von „schwarzem Regen“ nur langsam wirken. Sobald der Rauch durch Sonnenlicht erhitzt wird, kann er sich selbstständig auf eine Höhe von bis zu 80 Kilometern (50 Meilen) erheben und in die Mesosphäre eindringen.

Veränderungen in der Atmosphäre

Nachdem Ruß in die obere Atmosphäre gelangt ist, kann er dort Monate bis Jahre verbleiben, wodurch ein Teil des direkten Sonnenlichts daran gehindert wird, die Erdoberfläche zu erreichen, und die Temperaturen sinken. In großen Höhen – 20 Kilometer (12 Meilen) und mehr in der Nähe des Äquators und 7 Kilometer (4,3 Meilen) an den Polen – würde der durch nukleare Feuerstürme ausgestoßene Rauch auch mehr Sonnenstrahlung absorbieren, wodurch die Stratosphäre erwärmt und die stratosphärische Zirkulation gestört würde.

In der Stratosphäre würde das Vorhandensein von stark absorbierenden Rußaerosolen zu einer erheblichen Erhöhung der stratosphärischen Temperaturen führen. In einem regionalen Atomkriegsszenario, das zu einer Einbringung von 5 Tg Ruß führt, würden die Temperaturen in der Stratosphäre beispielsweise auch nach vier Jahren noch um 30 Grad Celsius erhöht bleiben.

Die in der Stratosphäre beobachtete extreme Erwärmung würde in den ersten Jahren nach einem Atomkrieg zu einem erhöhten durchschnittlichen Verlust der Ozonschicht führen, die Menschen und andere Lebewesen auf der Erde vor den schwerwiegenden gesundheitlichen und ökologischen Auswirkungen der ultravioletten Strahlung schützt. Simulationen haben gezeigt, dass ein regionaler Atomkrieg, der drei Tage dauert und 5 Tg Ruß in die Stratosphäre einbringt, die Ozonschicht weltweit um 25 Prozent reduzieren würde; die Erholung würde 12 Jahre dauern. Ein globaler Atomkrieg, bei dem 150 Tg stratosphärischer Rauch in die Atmosphäre gelangen, würde zu einem globalen Ozonverlust von 75 Prozent führen, wobei die Erschöpfung 15 Jahre andauern würde.

Veränderungen an Land

Das Eindringen von Ruß in die Stratosphäre würde zu Veränderungen an der Erdoberfläche führen, darunter Veränderungen der Sonneneinstrahlung, der Lufttemperatur und der Niederschlagsmenge.

Der Verlust der schützenden Ozonschicht der Erde würde zu mehreren Jahren mit extrem hoher UV-Strahlung an der Erdoberfläche führen, was eine Gefahr für die menschliche Gesundheit und die Nahrungsmittelproduktion darstellen würde. Neueste Schätzungen deuten darauf hin, dass der Ozonverlust nach einem globalen Atomkrieg zu einem tropischen UV-Index von über 35 führen würde, beginnend drei Jahre nach dem Krieg und mit einer Dauer von vier Jahren. Die US-Umweltschutzbehörde stuft einen UV-Index von 11 als „extreme“ Gefahr ein; eine 15-minütige Exposition gegenüber einem UV-Index von 12 führt bei ungeschützter menschlicher Haut zu Sonnenbrand. Weltweit würde die durchschnittliche Sonneneinstrahlung im UV-B-Bereich um 20 Prozent zunehmen. Es ist bekannt, dass hohe UV-B-Strahlung bei Menschen Sonnenbrand, Lichtalterung, Hautkrebs

und Katarakte verursacht. Außerdem hemmt sie die für das Blattwachstum und das Pflanzenwachstum erforderliche Photolyse-Reaktion.

In die Stratosphäre aufsteigender Rauch würde die Menge der Sonnenstrahlung reduzieren, die die Erdoberfläche erreicht, wodurch die globalen Oberflächentemperaturen und Niederschläge dramatisch sinken würden.

Selbst ein nuklearer Schlagabtausch zwischen Indien und Pakistan – der eine relativ geringe stratosphärische Belastung von 5 Tg Ruß verursachen würde – könnte zu den niedrigsten Temperaturen auf der Erde seit 1.000 Jahren führen – Temperaturen unterhalb der postmittelalterlichen Kleinen Eiszeit. Ein regionaler Atomkrieg mit einer stratosphärischen Rußinjektion von 5 Tg hätte das Potenzial, die globalen Durchschnittstemperaturen um 1 Grad Celsius sinken zu lassen.

Auch wenn die Größe und die durchschnittliche Sprengkraft der Atomwaffenarsenale seit dem Ende des Kalten Krieges reduziert wurden, würde ein Atomkrieg zwischen den Vereinigten Staaten und Russland wahrscheinlich immer noch einen viel schwereren nuklearen Winter auslösen, bei dem ein Großteil der nördlichen Hemisphäre selbst im Sommer mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt konfrontiert wäre. Ein globaler Atomkrieg, bei dem 150 Tg Ruß in die Stratosphäre gelangen würden, könnte zu einem Temperaturabfall von 8 Grad Celsius führen – 3 Grad weniger als in der Eiszeit.

In jedem Szenario eines Atomkrieges würden sich die Temperaturänderungen am stärksten auf die Landwirtschaft in mittleren und hohen Breitengraden auswirken, da sie die Länge der Vegetationsperiode und die Temperaturen während dieser Periode verringern würden. Temperaturen unter dem Gefrierpunkt könnten auch zu einer erheblichen Ausdehnung des Meereises und der Schneedecke auf dem Land führen, was zu Nahrungsmittelknappheit führen und den Schiffsverkehr zu wichtigen Häfen beeinträchtigen würde, wo Meereis derzeit keine Rolle spielt.

Die globalen durchschnittlichen Niederschläge würden nach einem Atomkrieg ebenfalls deutlich zurückgehen, da die geringere Sonneneinstrahlung auf die Erdoberfläche zu einem Rückgang der Temperaturen und der Wasserverdunstungsrate führen würde. Der Rückgang der Niederschläge wäre in den Tropen am stärksten. So würde beispielsweise bereits eine Rußinjektion von 5 Tg zu einem Rückgang der Niederschläge um 40 Prozent in der asiatischen Monsunregion führen. Auch in Südamerika und Afrika käme es zu einem starken Rückgang der Niederschläge.

Veränderungen im Ozean

Die längerfristigen Folgen eines Atomkriegs würden die Ozeane betreffen. Unabhängig vom Ort und Ausmaß eines Atomkrieges würde der Rauch der daraus resultierenden Feuerstürme schnell die Stratosphäre erreichen und sich weltweit ausbreiten, wo er das Sonnenlicht absorbieren und die Sonneneinstrahlung auf die Meeresoberfläche reduzieren würde. Die Meeresoberfläche würde aufgrund ihrer höheren spezifischen Wärmekapazität (d. h. der Wärmemenge, die benötigt wird, um

die Temperatur pro Masseneinheit zu erhöhen) langsamer auf Veränderungen der Strahlung reagieren als die Atmosphäre und das Land.

Der globale Rückgang der Meerestemperatur wird drei bis vier Jahre nach einem Atomkrieg am größten sein und bei einem Krieg zwischen Indien und Pakistan (der 47 Tg Rauch in die Stratosphäre befördert) um etwa 3,5 Grad Celsius und bei einem globalen Krieg zwischen den USA und Russland (150 Tg) um sechs Grad Celsius sinken. Nach der Abkühlung wird es noch länger dauern, bis die Ozeane wieder ihre Vorkriegstemperaturen erreichen, selbst wenn der Ruß aus der Stratosphäre verschwunden ist und die Sonneneinstrahlung wieder normale Werte erreicht. Die Verzögerung und Dauer der Veränderungen nehmen linear mit der Tiefe zu. Ungewöhnlich niedrige Temperaturen dürften an der Oberfläche Jahrzehntelang und in der Tiefe mehrere hundert Jahre oder länger anhalten. Bei einem globalen Atomkrieg (150 Tg) dürften die Veränderungen der Meerestemperatur bis zum arktischen Meereis Tausende von Jahren andauern – so lange, dass Forscher von einer „nuklearen Kleinen Eiszeit“ sprechen.

Aufgrund der sinkenden Sonneneinstrahlung und Temperatur an der Meeresoberfläche würden die marinen Ökosysteme sowohl durch die anfängliche Störung als auch durch den neuen, lang anhaltenden Zustand der Ozeane stark beeinträchtigt werden. Dies hätte globale Auswirkungen auf Ökosystemleistungen wie die Fischerei. So würde beispielsweise die marine Nettoprimärproduktion (ein Maß für das Neuwachstum von Meeresalgen, die die Grundlage des marinen Nahrungsnetzes bilden) nach einem Atomkrieg stark zurückgehen. In einem US-russischen Szenario (150 Tg) würde die globale marine Nettoprimärproduktion in den Monaten nach dem Krieg um fast die Hälfte zurückgehen und über einen Zeitraum von mehr als vier Jahren um 20 bis 40 Prozent reduziert bleiben, wobei die größten Rückgänge im Nordatlantik und im Nordpazifik zu verzeichnen wären.

Auswirkungen auf die Nahrungsmittelproduktion

Veränderungen in der Atmosphäre, an der Erdoberfläche und in den Ozeanen nach einem Atomkrieg hätten massive und langfristige Folgen für die weltweite landwirtschaftliche Produktion und die Verfügbarkeit von Nahrungsmitteln. Die Landwirtschaft reagiert auf die Länge der Vegetationsperiode, die Temperatur während der Vegetationsperiode, die Lichtverhältnisse, Niederschläge und andere Faktoren. Ein Atomkrieg würde all diese Faktoren weltweit für Jahre bis Jahrzehnte erheblich verändern.

Mithilfe neuer Klima-, Ernte- und Fischereimodelle haben Forscher nun nachgewiesen, dass Rußemissionen von mehr als 5 Tg in fast allen Ländern zu massiven Nahrungsmittelengpässen führen würden, wobei einige Länder einem höheren Hungerrisiko ausgesetzt wären als andere. Weltweit wären die Viehzucht und die Fischerei nicht in der Lage, die geringeren Ernteerträge auszugleichen. Nach einem Atomkrieg und nachdem die gespeicherten Lebensmittel aufgebraucht sind, würde die Gesamtzahl der verfügbaren Kalorien in jedem Land dramatisch sinken, wodurch Millionen Menschen von Hunger oder Unterernährung bedroht wären. Maßnahmen zur Schadensminderung – beispielsweise Veränderungen in der

Produktion und im Verbrauch von Viehfutter und Getreide – würden nicht ausreichen, um den weltweiten Verlust an verfügbaren Kalorien auszugleichen.

Die oben genannten Auswirkungen auf die Nahrungsmittelproduktion berücksichtigen nicht die langfristigen direkten Auswirkungen der Radioaktivität auf den Menschen oder die weit verbreitete radioaktive Kontamination von Nahrungsmitteln, die nach einem Atomkrieg auftreten könnte. Der internationale Handel mit Nahrungsmitteln könnte stark eingeschränkt oder ganz eingestellt werden, da die Länder ihre heimischen Vorräte horten würden. Aber selbst wenn man von einer heldenhaften altruistischen Aktion der Länder ausgeht, deren Nahrungsmittelsysteme weniger betroffen sind, könnte der Handel durch eine weitere Auswirkung des Krieges gestört werden: das Meereis.

Die Abkühlung der Meeresoberfläche würde in den ersten Jahren nach einem Atomkrieg, in denen die Nahrungsmittelknappheit am größten wäre, zu einer Ausdehnung des Meereises führen. Diese Ausdehnung würde den Schiffsverkehr zu wichtigen Häfen in Regionen beeinträchtigen, in denen derzeit kein Meereis auftritt, wie beispielsweise im Gelben Meer.

Kein Entkommen

Die Auswirkungen eines Atomkriegs auf die landwirtschaftlichen Lebensmittelsysteme hätten für die meisten Menschen, die den Krieg und seine unmittelbaren Folgen überleben, schreckliche Konsequenzen.

Die globalen Folgen eines Atomkriegs – einschließlich der kurz- und langfristigen Auswirkungen – wären noch schrecklicher und würden dazu führen, dass Hunderte Millionen – sogar Milliarden – Menschen verhungern würden.

[ii] – Diese Schätzung basiert auf einem Szenario eines totalen Atomkriegs zwischen Russland und den Vereinigten Staaten mit 4.400 100-Kilotonnen-Waffen im Rahmen der Beschränkungen des Vertrags über die Reduzierung strategischer Offensivwaffen (SORT) von 2002, wonach jedes Land bis zu 2.200 strategische Sprengköpfe einsetzen darf. Der New-START-Vertrag von 2010 begrenzt die von den USA und Russland eingesetzten Langstrecken-Nuklearstreitkräfte weiter auf 1.550 Sprengköpfe. Da jedoch die durchschnittliche Sprengkraft der heutigen strategischen Nuklearstreitkräfte Russlands und der Vereinigten Staaten weit über 100 Kilotonnen liegt, würde ein vollständiger Nuklearwaffenaustausch zwischen den beiden Ländern mit rund 3.000 Waffen wahrscheinlich zu ähnlichen direkten Opfern und Rußemissionen führen.

Bulletin of the Atomic Scientists, October 20, 2022. *Auskoppelung und Übersetzung des Beitrages mit freundlicher Genehmigung der Redaktion.*

Auf die Wiedergabe von Bildmaterial, Grafiken sowie der Referenzen & Danksagungen wurde verzichtet; diese können im Original nachgeschlagen werden – [hier klicken](#).

¹ - Diese Schätzung basiert auf einem Szenario eines totalen Atomkriegs zwischen Russland und den Vereinigten Staaten mit 4.400 100-Kilotonnen-Waffen im Rahmen der Beschränkungen des Vertrags über die Reduzierung strategischer Offensivwaffen (SORT) von 2002, wonach jedes Land bis zu 2.200 strategische Sprengköpfe einsetzen darf. Der New-START-Vertrag von 2010 begrenzt die von den USA und Russland eingesetzten Langstrecken-Nuklearstreitkräfte weiter auf 1.550 Sprengköpfe. Da jedoch die durchschnittliche Sprengkraft der heutigen strategischen Nuklearstreitkräfte Russlands und der Vereinigten Staaten weit über 100 Kilotonnen liegt, würde ein vollständiger Nuklearwaffenaustausch zwischen den beiden Ländern mit rund 3.000 Waffen wahrscheinlich zu ähnlichen direkten Opfern und Rußemissionen führen.