

Trier, Saarbrücken, 22.1.2021

Frühwarn- und Entscheidungssysteme der Verteidigung

Karl-Hans Bläsius,

Jörg Siekmann

<https://www.hochschule-trier.de/informatik/blaesius/> , <http://siekmann.dfki.de/de/home/>

Link zu diesem Dokument: www.fwes.info/fwes-21-1.pdf

English Version: www.fwes.info/fwes-21-1-en.pdf

Siehe auch: www.atomkrieg-aus-versehen.de

Zusammenfassung

Die Gefahr eines Atomkrieges aus Versehen ist in den letzten Jahren sehr gestiegen. Zu dem Gefahrenpotenzial tragen auch Entwicklungen der Informatik und der Künstlichen Intelligenz (KI) bei, denn Frühwarn- und Entscheidungssysteme (FWES) basieren auf sehr komplexen Computersystemen und Netzwerken zur Vorhersage und Bewertung von möglichen Angriffen durch Atomraketen. Dabei kann es zu Fehlalarmen kommen, die durch Sensoren, Hard- oder Softwarefehler verursacht sein können. Fehler in der Interpretation, Verarbeitung oder Weiterleitung von Daten können zu einer falschen Angriffsmeldung und damit zu sehr kritischen Situationen führen. Insbesondere kann ein FWES auch KI-basierte Funktionen enthalten, die für gewisse Teilaufgaben Entscheidungen automatisch treffen, die falsch sein können. Auch Cyberattacken können gefährliche und unkalkulierbare Wechselwirkungen mit Frühwarn- und Entscheidungssystemen haben und damit das Risiko eines Atomkrieges aus Versehen erheblich erhöhen.

Der Klimawandel wird vermutlich dazu führen, dass ganze Regionen unbewohnbar werden und damit vermehrt Klimaflüchtlinge und politische Krisen verursachen. In einer solchen angespannten Situation kann es leicht zu falschen Bewertungen kommen, da diese immer auch vom politischen Umfeld abhängen.

Einige Inhalte dieses Artikels stützen sich auch auf frühere Veröffentlichungen zu diesem Thema ([BS85] und [BS87]).

1 Atomare Bedrohungen

Seit dem ersten Einsatz einer Atombombe in Hiroshima besteht die Angst vor einem Atomkrieg mit verheerenden Folgen. Insbesondere die USA und Russland verfügen über ein riesiges Arsenal von nuklearen Waffen, so dass ein massiver Einsatz dieser Waffen zum Auslöschen der Menschheit führen könnte. Heute verfügen darüber hinaus weitere Länder ebenfalls über Atomwaffen und die Gefahr eines atomar geführten Krieges ist deutlich gestiegen.

Bei einem massiven Angriff eines Gegners mit Atomwaffen besteht die Gefahr, dass die eigenen Raketensilos und eventuell auch die militärische und politische Führungsebene getroffen und ausgeschaltet werden. Eine Gegenreaktion wäre nur noch schwer oder gar nicht mehr möglich. Deshalb gibt es immer wieder Drohungen, die eigenen Raketen abzuschießen, bevor die des Gegners einschlagen. Eine solche Strategie wird auch als „launch on warning“ oder „launch under attack“ bezeichnet. Eine Gegenreaktion soll geplant und ausgeführt werden, bevor die eigenen Waffen durch einschlagende Raketen vernichtet werden. Im Schlagwort: „Wer als erster schießt, stirbt als zweiter“

Voraussetzung hierfür ist, dass ein gegnerischer atomarer Angriff als solcher erkannt wird und um dies zu erreichen, wurden riesige Frühwarnsysteme aufgebaut. Die Reaktionszeiten bei einer Angriffsmeldung sind allerdings extrem kurz, denn Interkontinentalraketen können den Gegner nach einer Flugzeit von weniger als 30 Minuten treffen, U-Boot-gestützte Raketen in noch kürzeren Zeiträumen. Im Falle einer Angriffsmeldung durch ein Frühwarnsystem bleiben also nur wenige Minuten für eine Entscheidung zu einer Gegenreaktion, da ein Abwarten bis zum Einschlag dazu führen könnte, dass keine Gegenreaktion mehr möglich ist.

Es gab auch Drohungen, dass bei einem durch ein Frühwarnsystem erkannten Angriff ein Gegenschlag automatisch durch eine Computerentscheidung ausgelöst wird, zumindest für bestimmte Teilaufgaben werden Entscheidungen durch Softwarekomponenten gefällt. Deshalb wird statt dem Begriff „Frühwarnsystem“ häufig der Begriff „computergestütztes Frühwarn- und Entscheidungssystem“ (FWES) verwendet. Zur Vereinfachung wird im Folgenden oft FWES oder auch nur der Begriff Frühwarnsystem verwendet.

Besonders intensiv waren die gegenseitigen Drohungen mit Atomwaffen zwischen der NATO und den Ostblock-Staaten in den 1980er Jahren. Auf Basis eines „NATO-Doppelbeschlusses“ wurden neue Mittelstreckenraketen stationiert, die zu heftigen Protesten und großen Demonstrationen führten. Dadurch erhielt die Friedensbewegung enormen Zulauf und diese Friedensbewegung hat auch einen Beitrag dazu geleistet, dass es Mitte der 1980er Jahre zu erfolgreichen Abrüstungsverhandlungen und einer Entspannung kam. 1987 wurde der INF-Vertrag (INF steht für Intermediate Range Nuclear Forces) geschlossen und von Reagan für die USA und Gorbatschow für die Sowjetunion unterzeichnet. Der Vertrag verbietet den Bau und den Besitz von landgestützten Mittelstreckenraketen, die atomar bestückt werden können und eine Reichweite zwischen 500 und 5500 km haben. Die damals existierenden Mittelstreckenraketen wurden vernichtet und dieser Prozess war 1991 abgeschlossen. Neue Mittelstreckenraketen durften nicht mehr produziert und getestet

werden. Diese und weitere Abrüstungsvereinbarungen zwischen USA und der Sowjetunion haben zu einer Reduzierung ihrer Atomwaffen von 70.000 auf 15.000 geführt.

Der INF-Vertrag von 1987 und weitere Verträge zur Friedenssicherung wie der Open Skies Vertrag wurden inzwischen gekündigt und ein neues Wettrüsten hat begonnen. Die Risiken, dass es zu einem atomaren Konflikt kommen kann, sind heute wieder so groß wie zu den Zeiten des Kalten Krieges und einiges deutet darauf hin, dass die Risiken sogar größer sind als damals und weiter steigen könnten (siehe Kapitel 8).

In den nachfolgenden Kapiteln fokussieren wir in erster Linie auf den Einfluss der Informatik und der KI auf das Atomkriegsrisiko und die Gefahren, die von computer-gestützten Frühwarn- und Entscheidungssystemen ausgehen und zu einem Atomkrieg aus Versehen führen können.

2 Frühwarn- und Entscheidungssysteme

Frühwarnsysteme sind für die Atommächte ein zentraler Bestandteil der Verteidigung und wurden in den letzten Jahren weiter ausgebaut, auch in Russland, China und anderen Staaten.

Aufbau und Funktionsweise von Frühwarnsystemen sind vor allem von amerikanischer Seite durch verschiedene Untersuchungsberichte und Veröffentlichungen bekannt geworden. Die wichtigste Kommandostelle des amerikanischen Frühwarnsystems ist NORAD (North American Aerospace Defense Command), eine gemeinsame Einrichtung der USA und Kanadas, deren Betrieb bereits 1957 aufgenommen wurde. NORAD basiert auf einem komplexen Computersystem, das 1983 etwa zehn Millionen Zeilen Code enthielt.

Wesentliche Komponenten eines Raketenwarnsystems sind:

- Sensoren zur Feststellung eines atomaren Angriffs,
- Computerzentren und Kommunikationsnetzwerke zur Analyse und Übermittlung von Daten,
- Kommandostellen zur Bewertung von Warninformationen und der Gefährdungslage sowie zur Planung und Anordnung von Gegenaktionen.

Wesentliche Grundlage für das Erkennen von Raketenstarts ist auf amerikanischer Seite das „Defense Support Program“ (DSP) in dem über Satelliten mit Infrarot-Teleskop Raketenstarts erkannt werden können. Die Satelliten verfügen auch über Sensoren, um nukleare Explosionen zu entdecken. Zur Beobachtung und Berechnung von Flugbahnen sind Radarstationen gebaut worden und über die strategisch wichtigen Bereiche der Weltmeere sind Horchsensoren verteilt, die die Bewegungen von U-Booten erfassen.

Die Daten von Sensoren werden in hochkomplexen redundant ausgelegten Computer-Netzwerken verarbeitet. Auf deren Struktur und auf die Kommandostruktur wird hier jedoch nicht näher eingegangen. Detaillierte Beschreibungen hierzu gibt es z.B. in [BS87] und [Sch13].

3 Fehlersituationen in Frühwarnsystemen

Anfang der 1980er Jahre gelangten einige Berichte über falsche Alarmmeldungen von Frühwarnsystemen in die Öffentlichkeit und schürten die Angst vor einem Atomkrieg aus Versehen durch Computerfehler, denn einige dieser Fälle führten zu kritischen Situationen. In der Folge hat der amerikanische Senat einen Untersuchungsausschuss gebildet dessen Untersuchungsbericht von Gary Hart und Barry Goldwater ([HG80]) neben anderen Dokumenten an die Öffentlichkeit gelangt sind. (z.B. [GAO81]).

Auch wenn sich bis heute vieles geändert hat, gelten die wesentlichen Erkenntnisse über Gefahrenpotenziale in Zusammenhang mit Frühwarnsystemen aus dieser Zeit auch noch heute.

3.1 Fehlermöglichkeiten

In hochkomplexen Systemen treten Fehler auf und es ist unmöglich ein solches System fehlerfrei zu realisieren. Fehler in Frühwarnsystemen können aber bedeuten, dass ein Angriff mit atomaren Raketen gemeldet wird, obwohl keine Bedrohung vorliegt und ein solcher Fehler kann zu gefährlichen Situationen und unter Umständen sogar zu einem Atomkrieg führen. Einige mögliche Fehlerarten werden im Folgenden beschrieben:

- Fehler bezüglich Sensordaten
- Computerfehler
- menschliche Fehler

Fehler bezüglich Sensordaten:

Ausgangspunkt für die Erkennung von Raketenangriffen sind Sensordaten und die automatische Interpretation dieser Daten. Beispiele für Fehler bei Sensordaten sind:

- Der Luftraum wird zivil und militärisch genutzt und enthält somit eine große Vielfalt unterschiedlicher Objekte, die korrekt klassifiziert werden müssen. Insbesondere bei neuen, bisher unbekanntem Objekttypen kann es zu Fehlinterpretationen kommen. Selbst Vogelschwärme haben bereits zu Fehlern in Frühwarnsystemen geführt.
- Das Erkennen bestimmter Objekte kann von den aktuellen Lichtverhältnissen abhängen. Ungewöhnliche Konstellationen der Sonnenstrahlung können falsch interpretiert werden und haben auch bereits zu Fehlalarmen geführt.
- Bei bestimmten Wettersituationen können Radarstrahlen abgelenkt werden und zu falschen Sensordaten führen.

Computerfehler:

Beim Betrieb eines Frühwarn- und Entscheidungssystems ist der Ausfall eines Computers eher unkritisch, da hinreichend viele Redundanzen realisiert sind. Kritisch ist es, wenn durch Computerfehler falsche Daten übermittelt werden die zu falschen Rückschlüssen bezüglich einer Bedrohung führen. Ursache hierfür können Hardware-, Software- oder Spezifikationsfehler sein.

Hardwarefehler können z.B. durch lokale Überhitzung oder Fehler bei Wartung und Reparatur entstehen. Häufiger sind dagegen Softwarefehler, deren Fehlerwahrscheinlichkeit mit unterschiedlichen Methoden reduziert werden kann. Bei Frühwarnsystemen wurden auch mehrere simultane Systeme mit Überprüfung der Ergebnisse auf Übereinstimmung realisiert. Solche Ansätze müssen aber auf einer einheitlichen Spezifikation beruhen, die ebenfalls Fehler enthalten kann. Das Gleiche gilt auch für die Programmverifikation. Nach heutigem Stand der Technik ist es nicht möglich, fehlerfreie Software zu realisieren.

Eine wichtige Methode in der heutigen Softwareentwicklung ist das Testen, aber Frühwarn- und Entscheidungssysteme können nicht unter realen Bedingungen getestet werden. Insbesondere ist nicht vorhersehbar, wie sich ein Frühwarn- und Entscheidungssystem in Konflikt- und Krisensituationen verhalten wird.

Menschliche Fehler:

Wenn Frühwarnsysteme einen Angriff melden, muss diese Situation innerhalb weniger Minuten geprüft und bewertet werden. Die möglicherweise schwerwiegenden Entscheidungen können in solchen Situationen einen enormen Stress verursachen und in einer solchen Stresssituation ist die Gefahr von Fehlern groß: sinnvolles und korrektes Handeln wird erschwert.

Neben der Gefahr von menschlichem Fehlverhalten wegen einer Überforderung durch Stress und Zeitnot, gibt es auch Risiken durch Fahrlässigkeit, psychische Störungen oder Sabotage. Dumas berichtet in [Dum80], dass im Zeitraum 1975 bis 1977 etwa 5.000 Personen jährlich aus den Nuklearstreitkräften, wegen Alkohol- oder Drogenmissbrauch, Geistesstörungen, unnormalem Verhalten oder anderer Verfehlungen entlassen wurden.

So zeigt z.B. auch der Germanwings-Absturz am 24.3.2015, der durch den Copiloten absichtlich ausgelöst wurde, dass eine psychische Störung eines Einzelnen gravierende Folgen haben kann. In einem hochkomplexen System, wie einem Frühwarn- und Entscheidungssystem, sind viele Personen für die Systembetreuung, Wartung und Reparatur erforderlich. Dieser gesamte Personenkreis ist potenziell in der Lage, bewusst unerlaubte Manipulationen oder Sabotageaktionen vorzunehmen.

In Kapitel 15 „Nuclear Command and Control“ von [And20], ein Informatik-Lehrbuch für IT-Sicherheit, beschreibt Ross Anderson ausführlich die Kommunikations-, Authentifizierungs- und Kontrollprobleme im Zusammenhang mit nuklearen Waffensystemen. Er liefert auch einige Beispiele für Gefahren durch menschliches Fehlverhalten und analysiert.

wie ein Angriff auf einen Kommunikationskanal zu einem nicht autorisierten Einsatzbefehl führen könnte.

3.2 Dokumentierte Fehlalarme 1979 - 1980

Im Bericht von Hart und Goldwater an den Senat sind für den Zeitraum 1.1.1979 bis 30.6.1980 insgesamt 147 Fälle von Anzeichen einer Bedrohung der USA bekannt geworden, die zur Auslösung der Alarmstufe 1 (Missile Display Conference) von drei möglichen Alarmstufen führten. Folgende fünf Fälle führten zur zweiten Alarmstufe (Threat Assessment Conference):

- 3.10.1979: Ein Radar, zuständig für das Erfassen U-Boot-gestützter Raketen, entdeckte einen Raketenkörper auf niedriger Umlaufbahn und verursachte einen falschen Alarm und eine Treffermeldung.
- 9.11.1979: Es wurde ein Massenangriff durch Atomraketen gemeldet, dessen Ursache war ein Simulationsprogramm zum Testen von Systemkomponenten, das im Raketenwarnsystem von NORAD aktiviert wurde, ohne das Bedienungspersonal hierüber zu informieren.
- 15.3.1980: Im Rahmen sowjetischer Übungen wurden vier Raketen von U-Booten aus gestartet. Eine dieser Raketen entwickelte eine Flugbahn, die ein Ziel in den USA zu ergeben schien.
- 3.6.1980 und 6.6.1980: Es wird ein Massenangriff mit Raketen auf die USA gemeldet. Grund war ein defekter Chip in einer Kommunikationseinheit, die permanent Daten sendete, wobei an bestimmten Stellen im Normalfall Nullen stehen müssen. Durch den Hardwarefehler wurden an diesen Stellen andere Werte gesendet und damit angreifende Raketen gemeldet.

Auf Basis der Fehleranalysen zu diesen Vorfällen wurden enorme Anstrengungen unternommen, um die aufgetretenen Mängel zu beseitigen. Die durchgeführten Maßnahmen werden in [GAO81] beschrieben, wobei die Autoren aber auch zu dem Schluss kommen, dass kein System realisiert werden kann, das alle Sonderfälle berücksichtigt. Deshalb werde es immer wieder vorkommen, dass fehlerhafte Anzeichen von Raketenstarts gemeldet werden.

3.3 Maßnahmen bei Fehlalarmen

Die Senatoren Hart und Goldwater beschreiben in ihrem Bericht an den Senat auch, welche Maßnahmen bei Alarmmeldungen durchgeführt werden ([HG80]). Bei Anzeichen einer wirklichen Bedrohung starten verschiedene Kommandostellen ein offizielles Konferenzverfahren, um die Situation zu beurteilen. Hierbei gibt es insgesamt drei Stufen.

In der ersten Stufe werden regelmäßig unklare Daten behandelt, die von Sensoren kommen. Wenn z.B. ein Infrarotsignal erkannt wird, wird dieses mit den Infrarotsignalen verglichen, die früheren gegnerischen Raketen zugeordnet wurden. Da es einerseits immer wieder Änderungen in der Raketentechnik gibt, andererseits andere physikalische Phänomene in der Atmosphäre oder der Erdoberfläche ähnliche Infrarotsignale erzeugen, sind kontinuierlich Anpassungen der Einstellungen erforderlich, um die Erkennung von Raketenstarts zu verbessern und Quellen korrekt zu klassifizieren. Im Jahr 1979 gab es 1.544 routinemäßige „Missile Display Conferences“, um unklare Sensorsignale zu bewerten. Bei 78 dieser Konferenzen wurden Anzeichen einer Bedrohung des nordamerikanischen Kontinents für möglich gehalten. Ähnliche Ergebnisse beschreiben Hart und Goldwater auch für 1980.

Die fünf oben angegebenen Alarmmeldungen führten zur Alarmstufe 2, der sogenannten „Threat Assessment Conference“. Bei Alarmstufe 2 ist vorgesehen, dass die Luftkommandostelle in Hawaii startet, damit sie wichtige Kommandofunktionen übernehmen kann, wenn zentrale Kommandostellen am Boden getroffen und ausgeschaltet werden.

Bei Alarmstufe 3 wird der amerikanische Präsident in die Entscheidungen einbezogen.

Der Ablauf der ersten beiden Alarmstufen soll im Folgenden am Beispiel des Alarms vom 3.6.1980 beschrieben werden:

Am 3.6.1980 zeigen die Bildschirme einer Kommandostelle einen Start von zwei U-Boot-gestützten Raketen in Richtung USA an und 18 Sekunden später zeigen die Systeme eine wachsende Anzahl von U-Boot-Raketenstarts an. Das Kommandostenpersonal ruft die NORAD-Kommandostelle an, dort gibt es aber keine Hinweise auf Raketenstarts. Trotzdem wird angeordnet, dass die Bereitschaftspiloten sich in ihre Flugzeuge begeben und die Motoren als Startvorbereitung starten müssen.

Nach kurzer Zeit sind die Anzeichen drohender U-Boot-Raketen verschwunden und die Flugzeugbesatzungen werden angewiesen, die Motoren auszuschalten, aber in den Flugzeugen zu bleiben. Kurz danach zeigen die Bildschirme, dass sowjetische Interkontinentalraketen in Richtung USA gestartet sind. Nach einer kurzen Pause gibt es wieder Anzeichen, dass U-Boot-Raketen in Richtung USA geschossen wurden.

Die Überprüfungen ergeben, dass die Alarmmeldungen von den Computersystemen und nicht von den Sensoren stammen, aber wegen der unklaren Lage wird trotzdem eine „Threat Assessment Conference“ einberufen. Als Standardreaktion dieser zweiten Alarmstufe bereitet die Luftkommandostelle in Hawaii ihren Start vor und da diese Alarmstufe andauert, startet die Luftkommandostelle. Der Kommandeur von NORAD bestätigt später, dass keine Bedrohung vorliegt und die Alarmstufen werden beendet. Die Mannschaften kehren in ihre Unterkünfte zurück.

3.4 Weitere Alarmmeldungen

Einige weitere Alarmmeldungen sollen hier beispielhaft aufgeführt werden:

- 5.10.1960: Ein amerikanisches Radar meldet dutzende Raketen Richtung USA, was zu einer hohen Alarmstufe führt. Da der sowjetische Staatspräsident zu dieser Zeit gerade in New York ist, erscheint diese Meldung sehr unwahrscheinlich und sie wird als Fehlalarm deklariert. Ursache des Alarms ist eine Fehlinterpretation des aufgehenden Mondes über Norwegen durch eine Radaranlage.
- 28.10.1962: Während der Kuba-Krise gibt es an diesem Tag gleich zwei falsche Warnungen vor atomaren Angriffen, die jeweils schnell genug als falsch erkannt werden.
- 23.5.1967: Radarsysteme der USA für die Erkennung von Raketenangriffen zeigen intensive Signale, die als absichtliche Störung und damit als Kriegshandlung interpretiert werden. Mit Nuklearwaffen beladene Flugzeuge werden in Alarmbereitschaft versetzt. Grund für die Störung war ein Sonnensturm (sehr starke Eruption).¹
- 26.9.1983: Ein Satellit des russischen Frühwarnsystems meldet fünf angreifende Interkontinentalraketen. Da die korrekte Funktion des Satelliten festgestellt wird, hätte der diensthabende russische Offizier Stanislaw Petrow nach Vorschrift die Warnmeldung weitergeben müssen. Er hält einen Angriff der Amerikaner mit nur fünf Raketen aber für unwahrscheinlich und entscheidet deshalb, dass es ein Fehlalarm sein muss, bevor dies verifiziert werden kann. Der Vorfall ereignete sich während einer instabilen politischen Lage: Die Nachrüstung durch Mittelstreckenraketen stand an und wenige Wochen vorher hatten die Sowjets eine koreanische Passagiermaschine über internationalen Gewässern abgeschossen. Später stellte sich heraus, dass der Fehlalarm, der fast einen atomaren Krieg ausgelöst hätte, durch spezielle Reflexionen der Sonne ausgelöst wurde. Für seine Entscheidung die Alarmmeldung nicht weiterzuleiten, ist Petrow inzwischen recht bekannt geworden und er wird in der westlichen Presse als „der Mann, der die Welt gerettet hat“ bezeichnet. Er erhielt im Februar 2012 den Deutschen Medienpreis und im Februar 2013 den Dresden-Preis.² Er wurde von den Vereinten Nationen mit dem World Citizen Award ausgezeichnet und erhielt im Oktober 2018 eine Auszeichnung vom „Future of Life Institute“.³ Petrow starb im Mai 2017.
- 2. - 11.11.1983: Eine Übung der NATO, bei der ein atomarer Angriff auf die Sowjetunion simuliert wurde, wird von den Sowjets als Vorbereitung eines Angriffs

¹ Süddeutsche Zeitung vom 12.8.2016, Seite 14

² https://de.wikipedia.org/wiki/Stanislaw_Jewgrafowitsch_Petrow und <http://www.faz.net/aktuell/gesellschaft/menschen/offizier-petrow-im-gespraech-der-rote-knopf-hat-nie-funktioniert-12084911.html>

³ <https://futureoflife.org/2018/09/26/50000-award-to-stanislaw-petrov-for-helping-avert-wwiii-but-us-denies-visa>

interpretiert. Die Sowjets versetzen die Atomraketen in Alarmbereitschaft und bereiten sie für einen Start vor. Erst später wurde den Amerikanern bewusst, wie gefährlich diese Situation war. Dieser Vorfall wird in der Dokumentation „The Brink of Apocalypse“ behandelt und gehört vermutlich zu den gefährlichsten Situationen, die es seit dem Zweiten Weltkrieg gab.⁴

- 25.1.1995: Der Start einer norwegischen Forschungsrakete führt zu einer Angriffsmeldung im russischen Frühwarnsystem. Die Norweger hatten Russland zwar über den Start der Forschungsrakete informiert, diese Informationen wurden auf russischer Seite aber nicht korrekt weitergeleitet und die russische Armee ging in höchste Alarmbereitschaft. Der russische Präsident Boris Jelzin aktivierte den Atomkoffer und legte zur Vorbereitung eines Vergeltungsschlages die Startcodes bereit.⁵
- 14.2.2017: Im US-Stützpunkt Spangdahlem in der Eifel gibt es eine Raketenwarnung mit der Aufforderung sofort einen Schutzraum aufzusuchen. Eine zu Testzwecken verschickte Raketenmeldung erscheint versehentlich auf allen Bildschirmen. Nach acht Minuten kommt die Entwarnung.⁶
- 13.1.2018: Auf Hawaii wird vor einem Angriff durch eine Interkontinentalrakete gewarnt und die Notfallbenachrichtigung wird über Mobiltelefone an die gesamte Bevölkerung gesendet. Zu den Ursachen gibt es widersprüchliche Meldungen. Zunächst heißt es, dass ein Mitarbeiter des Katastrophenschutzes aus Versehen einen falschen Knopf gedrückt habe. Einige Tage später gibt es die Information, dass der Verantwortliche für den Alarm tatsächlich an einen Angriff auf die USA geglaubt habe. Aufgrund der gegenseitigen atomaren Drohungen, die es im Vorfeld zwischen Nordkorea und der USA gab, hätte diese Aktion von Nordkorea auch dahingehend verstanden werden können, dass die USA einen Angriff auf Nordkorea planten und ihre Bürger vor dem zu erwartenden nordkoreanischen Gegenschlag vorausschauend in Sicherheit bringen wollten.⁷
- 12.12.2020: In Deutschland auf der US-Militärbasis Ramstein informiert das Warnmeldesystem das Personal über einen realen Raketenstart und die Meldung wird auch über ein Lautsprechersystem übermittelt. Nach wenigen Minuten wird der Raketenstart als Teil einer Übung eingestuft und der Alarm beendet. Von einem russischen U-Boot wurden vier Interkontinentalraketen abgeschossen, dies hat ein Satellit des amerikanischen Frühwarnsystems erkannt und den Alarm ausgelöst,

⁴ [https://docuwiki.net/index.php?title=1983: The Brink of Apocalypse](https://docuwiki.net/index.php?title=1983:_The_Brink_of_Apocalypse)

⁵ [Sch13], Seite 539

⁶ Trierischer Volksfreund, 17.2.2017

⁷ Süddeutsche Zeitung 15.1.2018, Seite 3 - 4, und 31.1.2018, Seite 7

obwohl die russische Übung angekündigt war. Warum der Alarm ausgelöst wurde, ist unbekannt.⁸

3.5 Risiken Großtechnik

In großtechnischen Anlagen ist es schon häufig zu katastrophalen Fehlern gekommen, obwohl vorherige Analysen zur Sicherheit und Risikoabschätzung besagten, dass dies unmöglich sei. Eine Fehleranalyse besagt dann in der Regel, dass mehrere Ereignisse zu einer Verkettung von unwahrscheinlichen Zufällen und schließlich zu einem schwerwiegenden Unfall führten. Solche Risiken der Großtechnik werden in [Per92] und [Sch16] beschrieben. Im Folgenden werden einige Beispiele für solche Unfälle angegeben.

Der Unfall im Kernkraftwerk „Three Mile Island“ (Harrisburg) von 1979 begann mit einem Gerätefehler und anschließende Bedienungsfehler führten zu gravierenden Folgen. Vorherige Analysen zur Sicherheit bescheinigten, dass es praktisch nicht zu einem solchen Unfall kommen könne.⁹

Am 19. September 1980 ist in Damascus, Arkansas (USA), eine Atomrakete explodiert. Ursache war eine fallengelassene Schraubennuss durch einen Wartungstechniker. Auf der Rakete war ein Atomsprengkopf montiert, der 200 Meter weit geschleudert wurde, aber zum Glück nicht explodiert ist. Dieser Vorfall wird in [Sch13] sehr detailliert beschrieben und ebenso viele weitere schwere Unfälle in Zusammenhang mit Nuklearwaffen, bei denen es auch etliche Tote gab. Zudem gelten viele (etwa 50) Nuklearwaffen als vermisst, einige sind im Meer versunken. Offiziell vermissen die USA elf Nuklearwaffen.

Am 3.12.1984 geschah im indischen Bhopal eine Chemiekatastrophe mit mehreren Tausend Toten. Ausgelöst wurde die Katastrophe durch eine unglückliche Verkettung von Ereignissen bei der Durchführung von Reinigungsarbeiten.¹⁰

Die Katastrophe von Tschernobyl 1986 wurde verursacht durch schwerwiegende Verstöße der Operatoren gegen geltende Sicherheitsvorschriften im Rahmen eines Experiments, bei dem ein totaler Stromausfall simuliert wurde.¹¹

⁸ <https://edition.cnn.com/2020/12/14/politics/russia-missile-drill-false-alarm-us-base/index.html> und <https://www.independent.co.uk/news/world/americas/us-ramstein-air-base-missile-alert-b1774453.html>

⁹ [Per92], Seite 33-55

¹⁰ https://de.wikipedia.org/wiki/Katastrophe_von_Bhopal

¹¹ https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearkatastrophe_von_Tschernobyl

3.6 Großtechnik mit Gegner

Frühwarn- und Entscheidungssysteme sind ebenfalls hochkomplexe Systeme, die schwer kontrollierbar sind und ein folgenschwerer „Unfall“ ist auch bei Fehlermeldungen in einem FWES möglich, wobei ein zufälliges Zusammentreffen von unvorhersehbaren Ereignissen und dadurch initiierte Kettenreaktionen zu einem atomaren Schlagabtausch führen könnte.

Im Vergleich zu sonstigen Anlagen der Großtechnik, gibt es bei Frühwarnsystemen eine weitere Schwierigkeit: Hier gibt es einen oder mehrere „Gegner“, deren Aktionen gegen die Kontrolle eines solchen technischen Systems gerichtet sind. Ähnlich wie bei jedem Wettkampf sind die Handlungen eines Gegners schwer vorhersehbar und können nicht kontrolliert werden und wie bei Wettkämpfen auch, ist es bei Frühwarnsystemen nicht sicher, dass jede Seite immer die Kontrolle behält. Hier gilt jedoch: wenn eine Seite die Kontrolle verliert, verlieren alle, sind alle betroffen.

4 Bewertung von Alarmmeldungen

4.1 Unvollständige Informationen - falsche Annahmen

Bei einem Alarm müssen die vorliegenden Informationen bewertet werden und die dokumentierten Fehlalarme zeigen, dass die Daten, die in Frühwarnsystemen angezeigt werden, unsicher sind, also auch falsch sein können. Insbesondere sind die vorliegenden Informationen in der Regel keine vollständige Beschreibung einer gegebenen Situation, sondern wichtige Informationen können fehlen, d.h. für die Bewertung einer Bedrohungssituation müssen Annahmen getroffen werden, die ebenfalls unsicher sind, also auch falsch sein können.

Die Gefahren, die von unvollständigen Informationen und falschen Annahmen ausgehen können, sind in [TSB20] beschrieben, wo in Abschnitt 2.2.3 eine solche kritische Situation während der Kuba-Krise 1962 behandelt wird, in der der russische Offizier Wassili Archipow die Zustimmung für den Abschuss einer Atomwaffe verweigerte und damit möglicherweise einen Atomkrieg verhinderte.¹²

4.2 Ungewöhnliche Fehler

Unklare Sensorsignale oder Meldungen von unbekanntem Objekten auf der Basis von Sensordaten kommen sehr häufig vor und werden in der Regel von den Bedienungsmannschaften korrekt behandelt. Aufgrund der Häufigkeit von solchen Ereignissen gibt es hinreichend viele Erfahrungen, auf die sich das Personal stützen kann.

Deutlich schwieriger sind Situationen, die selten vorkommen oder so noch nie aufgetreten sind. So führte der Fehlalarm vom 3.6.1980 bzgl. des Massenangriffs mit Raketen auf die USA zur zweiten von drei Alarmstufen, obwohl das Bedienungspersonal sehr schnell überprüfen konnte, dass keine echte Bedrohung vorlag, denn

- es gab keine Sensorsignale von Raketen,
- die Hinweise auf den Bildschirmen entsprachen keinem logischen Muster und entsprachen nicht einer Folge von Ereignissen, die man bei einem Angriff erwarten würde,

¹² [Teg17], Seite 168 - 169 und https://de.wikipedia.org/wiki/Wassili_Alexandrowitsch_Archipow

- die verschiedenen Kommandostellen erhielten unterschiedliche Hinweise auf eine Bedrohung.

Selbst wenn das Personal also gut geschult ist und mit den Fällen, die häufig vorkommen, sinnvoll umgehen kann, steigen die Risiken einer falschen Bewertung bei Situationen, die selten vorkommen oder bisher noch nie vorkamen.

Ähnliches gilt für technische Verbesserungen. Verfahren zur automatischen Klassifikation und Bewertung von Daten werden mit der Zeit verbessert, eventuell auch durch Ansätze des maschinellen Lernens. Wenn jedoch auf diese Weise die Zahl von Alarmmeldungen reduziert wird, erhöht dies nicht die Sicherheit, denn falsche Alarmmeldungen werden trotzdem vorkommen, wenn auch seltener. Dies macht aber die Bewertung durch das Bedienungspersonal schwieriger, denn die seltenen Fehler sind dann ungewöhnlich oder vielleicht noch nie aufgetreten und erschweren damit eine Bewertung. Das heißt, die Gefahr ist sogar größer, dass eine solche Alarmmeldung als ernst eingestuft wird.

4.3 Krisensituationen und Zusammentreffen von Ereignissen

In Friedenszeiten und Zeiten relativer Entspannung zielt eine Überprüfung von Alarmmeldungen eher darauf ab, diese als Fehlalarm zu erkennen. Dies kann sich in Krisen- und Konfliktsituationen deutlich ändern, da jetzt in erster Linie von einer möglichen Bedrohung ausgegangen wird. Darüber hinaus wird sich in solchen Situationen das militärisch bedingte Flugaufkommen erhöhen und der Informationsfluss auf Basis von Sensordaten erhöht sich ebenfalls deutlich. Eine genaue Überprüfung von Ereignissen und Alarmmeldungen kann so erschwert werden und die Schwelle, ab der die Alarmmeldungen für echt gehalten werden, wird deutlich sinken.

Eine Studie von 2014 zeigt, dass es speziell seit der Ukraine-Krise vermehrt zu gefährlichen Situationen im europäischen Luftraum mit Beinahe-Zusammenstößen zwischen russischen und NATO-Flugzeugen kam. Zu dieser Studie gab es März 2015 noch ein Update, in dem 67 Beinahe-Zusammenstöße dokumentiert sind.¹³ Wenn ein solcher Zusammenstoß zeitlich mit einer Alarmmeldung eines FWES zusammenfällt, können sehr gefährliche Situationen entstehen.

Mehr militärische Aktivität erhöht auch die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere ungünstige Ereignisse zufällig zusammentreffen und es werden häufig kausale Zusammenhänge angenommen, die gar nicht bestehen.

¹³ <https://www.europeanleadershipnetwork.org/commentary/russia-west-dangerous-brinkmanship-continues/>

Die Gefahr, die von einem zufälligen Zusammentreffen mehrerer unabhängiger Ereignisse in einer politischen Krise ausgeht, soll an einem Beispiel erläutert werden:¹⁴

Am 5. November 1956 bestand folgende Situation:

- Im Streit um den Suez-Kanal griffen England und Frankreich militärisch gegen Ägypten ein.
- Ungarn war durch sowjetische Truppen besetzt.
- Die sowjetische Nachrichtenagentur TASS erzeugte Angst vor einem weltweiten Nuklearkrieg.
- Moskau, das sich als Schutzmacht Ägyptens sah, sendete Nachrichten nach London und Paris mit Andeutungen, dass Angriffe gegen diese Städte in Betracht gezogen werden, sollte der Angriff in Ägypten nicht eingestellt werden.
- Am späten Nachmittag des 5.11. erhält das Weiße Haus in Washington die Nachricht, dass Moskau eine gemeinsame amerikanisch-sowjetische Militäraktion in Suez vorschlägt.

Vor diesem Hintergrund treffen in der nächsten Nacht folgende Ereignisse und Nachrichten zusammen:

- Nicht identifizierte Düsenjäger fliegen über der Türkei, die türkische Luftwaffe ist in Alarmbereitschaft versetzt.
- 100 sowjetische MIG-15 fliegen über Syrien.
- Ein britischer Canberra-Bomber wurde über Syrien abgeschossen.
- Die russische Flotte fährt durch die Dardanellen ins Mittelmeer. Dies wurde als Zeichen einer Feindseligkeit betrachtet, da die Sowjetunion in Krisenzeiten ihre Flotte aus dem Schwarzen Meer bringen muss, wo sie in den beiden Weltkriegen eingeschlossen war.

Die Reaktion des Weißen Hauses ist nicht vollständig bekannt, es wird aber berichtet, dass General Goodpaster befürchtete, die NATO-Einsatzpläne könnten ausgelöst werden, die damals einen totalen nuklearen Vergeltungsschlag gegen die Sowjetunion vorsahen ([Fin64]).

Eine Analyse ergab später folgende Ursachen für die vier Ereignisse:

- Die Düsenjäger über der Türkei waren eine Schwanenschar, die vom Radar erfasst und falsch interpretiert wurde.
- Die 100 sowjetischen MIGs waren eine deutlich kleinere routinemäßige Begleitung für den syrischen Präsidenten, der von einem Staatsbesuch aus Moskau zurückkam.
- Die britische Canberra stürzte wegen technischer Fehler ab.
- Die russische Flotte befand sich auf dem Weg ins Mittelmeer, zu einem lange geplanten Manöver.

¹⁴ [Bra83], Seite 65

Die einzelnen Ereignisse waren isoliert betrachtet, relativ harmlos, das Zusammentreffen in einer schweren weltpolitischen Krise führte jedoch zu einer sehr bedrohlichen Situation. Wenn in einer solchen Situation statt der MIGs über der Türkei Atomraketen durch ein Frühwarnsystem gemeldet worden wären, wäre das Risiko einer weltweiten Katastrophe noch weitaus höher gewesen.

4.4 Alarmierungsketten

Nach Darstellung einiger Historiker war der erste Weltkrieg eigentlich ungewollt und das Attentat von Sarajevo war nicht der alleinige Grund für den Ausbruch des Krieges, denn die Staaten fühlten sich durch die hoch aufgerüsteten Armeen gegenseitig bedroht. Es gab zwar ein internationales Vertragssystem zwischen den verschiedenen Staaten, aber dieses war so unübersichtlich, dass die Entscheidungen zur Mobilisierung die Erzeugung einer Kettenreaktion von sich ständig erhöhenden Alarmstufen bewirkten. Die Kriegssysteme versetzten die Nationen gegenseitig in Angst und Schrecken und die politischen Führer verloren schließlich die Kontrolle.

Die Gefahr, die von einer Alarmierung ausgeht, führte schon oft zu Entscheidungskonflikten in Krisensituationen und vorsichtigem Agieren, um eine Eskalation zu verhindern. Zum Beispiel hat die NATO während der sowjetischen Invasion in der Tschechoslowakei alle routinemäßigen Aufklärungsflüge über Westdeutschland gestrichen, um nicht den Eindruck zu erwecken, die NATO würde die militärischen Aktivitäten erhöhen oder in einen Alarmzustand übergehen.

Auch bei Frühwarn- und Entscheidungssystemen besteht die Gefahr, dass Alarmierungsketten entstehen. Bei dem durch einen Hardwarefehler verursachten Fehlalarm vom 3.6.1980 wurde die zweite Alarmstufe gesetzt, Bomberbesatzungen mussten in die Flugzeuge und die Motoren starten, auch die Luftkommandostelle auf Hawaii war gestartet. Solche Aktivitäten werden vom Gegner erkannt und können in Konfliktsituationen auch dort zu erhöhter Alarmbereitschaft führen und dies hat wieder Rückwirkungen auf die eigene Beurteilung der Lage. In Krisensituationen mit gegenseitigen Drohungen und Ereignissen, die als feindlich eingestuft werden, kann so im Falle eines Fehlalarms bezüglich angreifender Nuklearraketen innerhalb von Minuten eine Kettenreaktion mit immer höheren Alarmstufen in Gang gesetzt werden, die außer Kontrolle gerät.

Auch die gegnerischen Frühwarnsysteme selbst werden beobachtet und die Systeme können sich dann gegenseitig beeinflussen. Die Nuklearstreitkräfte mit den Warn- und Informationssystemen müssen dann als ein sich gegenseitig beeinflussendes komplexes System betrachtet werden, das mit chaostheoretischen Methoden zwar beschrieben werden kann, aber mit ungewissem Verhalten in Krisen- und Konfliktzeiten. Es ist fraglich, ob ein solches System als Ganzes, bei dem alle relevanten Vorgänge innerhalb weniger Minuten ablaufen, kontrolliert und beherrscht werden kann.

4.5 Vertrauen

In der ersten Ausgabe der „Zeit“ nach der Wahl des amerikanischen Präsidenten im November 2016, erschien ein Artikel mit der Überschrift „Countdown für die Hölle - Wie entscheidet ein Präsident über den Atomkrieg?“.¹⁵ Hierin wird verdeutlicht, dass bei einer Angriffsmeldung durch ein Frühwarnsystem der Präsident nur wenige Minuten zur Entscheidung für eine Reaktion hat. Welche Einstellung hätte der damals gewählte amerikanische Präsident Donald Trump in einer solchen Situation? Wie würde er reagieren?

Eine schwerwiegende Entscheidung kann in solchen Situationen von einem einzelnen Menschen abhängen, auch von seinem aktuellen Gemütszustand oder seinen Charaktereigenschaften und Einstellungen. Beispielsweise wollte der Kommandant eines russischen U-Boots während der Kuba-Krise eine Nuklearwaffe abschießen, aber ein anderer Offizier hat dies mit seinem Einspruch verhindert (siehe Abschnitt 2.2.3 von [TSB20]). Richard Nixon war in seiner Amtszeit als amerikanischer Präsident psychisch labil und alkoholabhängig und zum Ende seiner Amtszeit hat der damalige Verteidigungsminister Schlesinger den Militärbefehlshabern eindringlich gesagt, dass sie Anweisungen von Nixon bezüglich des Einsatzes von Nuklearwaffen ignorieren sollen.¹⁶

Ein wichtiges Merkmal verantwortungsbewussten politischen Handelns ist, dass man berücksichtigt, welche Folgen eigene Aktivitäten bei potenziellen Gegnern verursachen können und welche Annahmen die Gegner daraus ableiten. Bob Woodward beschreibt in [Woo18], dass dem ehemaligen amerikanischen Präsidenten Donald Trump ein Bewusstsein hierfür fehlte. Als Beispiel nennt er, dass Trump gerade noch daran gehindert wurde, eine Twitter-Meldung abzusetzen mit der Ankündigung, die Angehörigen der US-Truppen aus Südkorea abzuführen. Das „in Sicherheit bringen“ der US-Zivilisten wäre von Nordkorea als Vorbereitung eines Angriffs interpretiert worden.¹⁷

Wenn es unter den Staatsoberhäuptern der Atommächte eine Person mit labilem Charakter gibt, der man eine Entscheidung zu einem Atomschlag zutraut, dann besteht die Gefahr einer fatalen Entscheidung auf allen Seiten. Denn der Gegner muss bei einer Angriffsmeldung auch in Erwägung ziehen, ob er dem anderen, dessen Charaktereigenschaften er kennt, in der aktuellen Situation einen solchen Angriff zutraut. Gibt es also zum Beispiel im russischen Frühwarnsystem eine Raketenangriffswarnung, dann muss der russische Präsident sich auch fragen, ob er dem amerikanischen Präsidenten einen solchen Angriffsbefehl zutraut. Wenn die Antwort „Ja“ lautet, macht das eine unmittelbare Gegenreaktion, also ein „launch on warning“, wahrscheinlicher.

¹⁵ Die Zeit, Nr. 47, 10.11.2016, Seite 4

¹⁶ <https://www.independent.co.uk/news/world/americas/us-military-was-told-to-ignore-drugged-nixon-711339.html>

¹⁷ [Woo18], Seite 388-391 und die Zeit Nr. 41, 4.10.2018, Seite 7

Lahl und Varwick betonen in [LV19], dass rationales Verhalten bei den politischen Entscheidungen ein unverzichtbarer Grundsatz für die Abschreckungsidee sein muss, es aber schwierig sei, dies immer von allen Seiten zu gewährleisten.¹⁸

4.6 Erwartungshaltung

Am 3. Januar 2020 wurde der iranische General Soleimani durch einen amerikanischen Drohnenangriff getötet. Als Gegenreaktion erfolgten am 7. Januar Raketenangriffe des Iran auf amerikanische Stellungen im Irak. Nur wenige Stunden später, am frühen Morgen des 8. Januar hat die iranische Luftabwehr ein ukrainisches Verkehrsflugzeug kurz nach dem Start in Teheran abgeschossen.

Bei der Bewertung einer Alarmmeldung durch Menschen spielt also auch die Erwartungshaltung eine große Rolle, denn der versehentliche Abschuss des ukrainischen Verkehrsflugzeugs im Iran hat gezeigt, was in einer Krisensituation passieren kann. Aufgrund der Angriffe auf amerikanische Stellungen im Irak wurde mit einer Gegenreaktion oder gar Krieg gerechnet und es schien plausibel, dass es sich bei dem Radarsignal um einen Angriff mit einem Marschflugkörper handelt. Vor dem Abschussbefehl hätte der Kommandeur die Erlaubnis von seinem Vorgesetzten einholen müssen, jedoch kam keine Kommunikation zu Stande.¹⁹

Auch in Frühwarnsystemen für Atomraketen kann die Bewertung einer Alarmmeldung davon abhängen, ob aufgrund der aktuellen politischen Lage ein Angriff erwartet wird oder zumindest als plausibel erscheint.

¹⁸ [LV19], Seite 120

¹⁹ Süddeutsche Zeitung vom 13.1.2020, Seite 2

5 Cyberangriffe - KI-Anwendungen

5.1 Cyberattacken

Auch Cyberattacken werden Auswirkungen auf Frühwarn- und Entscheidungssysteme haben, denn Cyberangriffe können gegen diese gerichtet sein und dabei Teilkomponenten lahmlegen, die Kommunikation stören, Informationen abgreifen oder bestimmte Signale senden. Zum Beispiel haben die Anschuldigungen aus den USA, Russland habe den US-Wahlkampf 2016 beeinflusst, als Gegenreaktion die Drohung ausgelöst, dass US-Einheiten in der Lage seien, russische Kommando- und Kontrollsysteme mit Cyberattacken anzugreifen.²⁰

Folgende Szenarien durch Cyberattacken sind denkbar:

1. zeitliches Zusammentreffen einer Angriffsmeldung in einem FWES mit einem Cyberangriff,
2. übermitteln falscher Daten an ein FWES,
3. Manipulation von Komponenten eines FWES,
4. Schwächung der gegnerischen Führung und Kontrolle,
5. die gegnerischen Atomraketen unschädlich machen und
6. die Kontrolle über gegnerische Atomraketen erlangen.

Der erste Punkt betrifft die Argumente von Abschnitt 4.3. Die Bewertung einer Alarmmeldung (Angriff durch gegnerische Atomraketen) in einem FWES hängt stark vom Kontext ab. Wenn in einer Krisensituation eine Alarmmeldung zeitlich mit anderen bedrohlichen Ereignissen zusammentrifft, dann wird eine solche Alarmmeldung eher ernst und als zutreffend angenommen. Ein solches anderes Ereignis könnte auch ein Cyberangriff auf die Infrastruktur des Landes sein.

Das zeitliche Zusammentreffen eines Cyberangriffs mit einer Raketenmeldung in einem FWES kann ganz besonders gefährlich sein, denn die neue US-Militärstrategie sieht vor, dass ein schwerwiegender Cyberangriff auch mit einem atomaren Gegenschlag beantwortet werden kann (siehe Abschnitt 8.4). Bei einem Cyberangriff ist es in der Regel sehr schwer, den Urheber zu bestimmen und zusammen mit einer Raketenwarnmeldung würde vermutlich auf denselben Angreifer für die Cyberattacke geschlossen werden.

Die anderen oben genannten Punkte werden detailliert in [AS16] und [Sha18] behandelt. Die Autoren beschreiben, welche Bedeutung die Entwicklung von Cyberwaffen für die Nuklearstreitkräfte hat, und dass vor allem die USA seit einigen Jahren intensiv an der Entwicklung solcher Waffen arbeiten.

²⁰ [AS16], Seite 692

Im Cyberraum sind offensive Werkzeuge leichter realisierbar als eine reine Verteidigung und dies könnte die Offensive begünstigen und Präventivmaßnahmen fördern. Beispielsweise haben führende US-Militärs den Einsatz von Cyberangriffen in Erwägung gezogen, um gegnerische Atomraketen zu deaktivieren oder zu zerstören²¹ und gegen Nordkorea wurden solche Maßnahmen offenbar umgesetzt. Unter Ex-Präsident Obama sollen Hacker Raketenstarts manipuliert haben, die möglicherweise zum Scheitern etlicher Raketentests von Nordkorea beigetragen haben.²²

2015 hat eine Kommission einen Bericht veröffentlicht, in dem die USA und Russland aufgefordert werden, ihre Atomraketen in einen niedrigeren Alarmzustand zu versetzen. Abschussbereite Raketen, die nur auf ein bestimmtes Signal für einen Start warten, könnten durch Cyberangriffe in veralteten und fehlerhaften Kommunikationsnetzwerken gestartet werden.²³ Auch der amerikanische General James Cartwright, der Projektleiter bei der Entwicklung des Computerwurms Stuxnet und von 2004 bis 2007 Kommandeur der US-Nuklearstreitkräfte war²⁴, warnte vor der Gefahr, dass Cyberangriffe zu Fehlalarmen und unautorisierten Raketenstarts führen können.²⁵ Solche Angriffe müssen nicht von Staaten ausgehen, sondern können andere Täter haben, die in der Regel nicht festgestellt werden können. Auch Terror-Organisationen wie Al-Qaida könnten Cyberangriffe gegen Frühwarn- und Entscheidungssysteme oder Nuklearstreitkräfte führen. Zum Beispiel hatte der IS im Jahr 2015 den USA den Cyber-Krieg erklärt und bei einem Angriff auf das Pentagon hochsensible Informationen erbeutet.²⁶

In [AS16] und [Sha18] sehen die Autoren insbesondere die Gefahr, dass das bisherige nukleare Machtgleichgewicht, das auf Abschreckung, also der gesicherten gegenseitigen Vernichtung basiert, durch Cyberattacken erheblich gestört werden kann. Wenn die gegnerischen Atomraketen durch Cyberangriffe unschädlich gemacht werden können, gilt das Prinzip der Zweitschlagfähigkeit nicht mehr. Die Autoren befürchten, dass dadurch die Schwelle zum Einsatz von Nuklearwaffen deutlich sinken kann, zum Beispiel auch auf der Basis falscher Daten, die bei einem Cyberangriff durch eine Terror-Organisation gesendet werden. Die Autoren fordern deshalb dringend Vereinbarungen zwischen den Großmächten zur Vermeidung gefährlicher Cyberangriffe, die zu einer atomaren Gegenreaktion führen könnten.

Auch in [And20] und [SW19] wird vor einer destabilisierenden Wirkung von Cyberkriegskapazitäten sowie fortschrittlichen KI-Lösungen gewarnt. Dem Gegner nicht bekannte eigene Fähigkeiten, zum Beispiel zur Überwachung und Aufklärung, könnten als

²¹ [AS16], Seite 691

²² Zeit Online, 5.3.2017 und [AS16], Seite 695

²³ [AS16], Seite 695

²⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/James_E._Cartwright

²⁵ <https://futureoflife.org/background/nuclear-close-calls-a-timeline/?cn-reloaded=1>, Beschreibung zur Alarmmeldung vom 19.6.2016

²⁶ FIF-Kommunikation, Nr. 4, 2016, Seite 72

Überlegenheit gegenüber dem Gegner gedeutet werden und damit das Abschreckungsprinzip untergraben.

Cyberkriegskapazitäten können auch wirksam mit elektronischer Kampfführung kombiniert werden. Im September 2007 hat Israel eine von Nordkorea unterstützte Kernwaffenanlage in Syrien angegriffen und über eine elektronische Angriffsplattform aus der Luft den Angriff unterstützt. Mit einer Kombination von Cyber- und elektronischer Kampfführung hat Israel die Kontrolle über das syrische Luft- und Raketenabwehrsystem übernommen, um die eigenen Flugzeuge zu schützen.²⁷

5.2 Fake-News - deepfake

In Kriegszeiten spielen Propaganda und Falschnachrichten eine große Rolle. Möglicherweise haben in Zukunft auch Fake-News unkalkulierbare Auswirkungen auf Frühwarn- und Entscheidungssysteme und beeinflussen die Bewertung von Alarmmeldungen. Im Dezember 2016 wird der frühere israelische Verteidigungsminister in einem gefälschten Online-Artikel mit der Aussage zitiert, dass Israel Pakistan nuklear zerstören werde, falls Pakistan Truppen gegen den IS nach Syrien schicken würde. Der pakistanische Verteidigungsminister hatte die Fälschung nicht erkannt und seinerseits mit Atomwaffen gedroht.²⁸

Wenn es Hackern gelingt, sich in eine Konferenz zur Bewertung einer Alarmmeldung einzuschalten und dabei die Verbindung mit einem „falschen“ Präsidenten herzustellen, können sie diesen sprechen lassen, was sie wollen. Beispielsweise könnte hierbei das Programm Voco von Adobe eingesetzt werden, das es ermöglicht, mit der Aussprache einer bestimmten Person einen beliebigen Text sprechen zu lassen. Oder die Hacker könnten ein System wie Face2Face einsetzen, um den Präsidenten in einem Video das sagen zu lassen, was sie möchten. Mit diesen technischen Möglichkeiten des „deepfake“ kann alles gefälscht werden.²⁹ Ein Ausnutzen solcher Möglichkeiten durch Hacker (z.B. von Terror-Organisationen) kann politisches Handeln in Krisensituationen sehr erschweren, denn bereits die Tatsache, dass Bedienungsmannschaften irgendwann wissen, dass alles (z.B. Ton- und Videoaufnahmen) gefälscht sein mag, kann zu großen Unsicherheiten bei der Bewertung von Krisensituationen führen.

Auch ein Sipri-Bericht von 2019 beschreibt die Gefahr, dass im Rahmen eines Informationskriegs gefälschte naturgetreue Scheinbefehle in Form von Audio- oder Video-

²⁷ [SB20], Seite 114

²⁸ Süddeutsche Zeitung vom 27.12.2016, Seite 7

²⁹ <https://de.wikipedia.org/wiki/Deepfake>

Sequenzen Kernwaffenbetreiber dazu verleiten könnten eine Kernwaffe zu starten oder auf einen Angriff nicht zu reagieren.³⁰

5.3 KI-basierte Entscheidungen

Mit neuen technischen Möglichkeiten wird die Vielfalt an Sensordaten zur Erkennung eines Raketenangriffs wachsen und auch die Vielfalt der Objekttypen, die zu erkennen sind, wird wachsen. Das Ende des INF-Vertrages (Intermediate Range Nuclear Forces) führte zu einem neuen Wettrüsten, auch mit Hyperschallraketen, die die Vorwarnzeit erheblich verkürzen. Für eine Analyse und Bewertung von Alarmmeldungen bleibt für Menschen daher so wenig Zeit, dass hierfür verstärkt Systeme der Künstlichen Intelligenz (KI) eingesetzt werden sollen. Die Bedeutung der KI für militärische Anwendungen, sowie Potenzial und mögliche Gefahren werden derzeit von verschiedenen Autoren beschrieben (siehe z.B. [Bou19], [SW19], [SB20]). Zum Beispiel bauen die USA einen nuklearfähigen Bomber, der zwar optional bemannt sein soll, aber auch autonom Atomwaffen in ein Ziel bringen kann.³¹

Sharikov beschreibt in [Sha18] die Gefahren, die von Entwicklungen durch die Künstlichen Intelligenz, besonders im Zusammenhang mit nuklearen Streitkräften, ausgehen. Er betont, dass insbesondere die USA, Russland und China die Entwicklung von KI-Techniken für militärische Anwendungen stark forcieren und er befürchtet, dass in Krisensituationen, wenn Entscheidungen in sehr kurzen Zeiträumen fallen müssen, diese auf KI-Systeme verlagert werden und zu einer unvorhersehbaren Eskalation führen können.

Die russische Militär-Enzyklopädie enthält eine Beschreibung der Aufgaben für KI-Anwendungen: Für die Raketenstreitkräfte sollen insbesondere Diagnose-Expertensysteme entwickelt werden, wobei wichtige Ziele automatische Informationssysteme und Entscheidungsunterstützungssysteme sind.³²

Als mögliche Einsatzfelder von KI-Systemen werden neben der Entscheidungsunterstützung auch intelligente Datenauswertung in der Aufklärung und automatische Gefahrenerkennung genannt (siehe [Kre19]). Automatisch erzeugte Erkennungsergebnisse sind jedoch immer unsicher, sie gelten nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit und können falsch sein.

Der Einsatz von Systemen der Künstlichen Intelligenz und die damit verbundenen Probleme werden in [TSB20] genauer behandelt.

³⁰ [Bou19], Seite 61

³¹ [Bou19], Seite 58

³² [Sha18], Seite 372

5.4 KI-basierte Vorhersagen von Krisen und Kriegen

Die Bundeswehr hat im März 2018 ein Projekt „Preview“ gestartet, mit dem Ziel, mit KI-Methoden Krisen und Kriege vorherzusagen. Dazu sollen große Datenmengen automatisch analysiert werden (siehe auch Abschnitt 2.4 in [TSB20]). Auch wenn es derzeit keine Hinweise auf einen Zusammenhang mit Frühwarn- und Entscheidungssystemen gibt und das Projekt andere Zielsetzungen hat, kann ein solcher Zusammenhang in 5 oder 10 Jahren von selbst eintreten. Wenn ein Frühwarnsystem einen Raketenangriff meldet, der bewertet werden muss, ist es durchaus möglich, dass die Bewertungsmannschaft auch Zugriff auf ein solches System zur Kriegsvorhersage hat. Wenn dieses KI-System in einer solchen Situation einen Krieg vorhersagt, kann dies erheblichen Einfluss auf die Bewertung der Alarmmeldung haben, denn sie sind besonders dann gefährlich, wenn eine Krisensituation vorliegt und es gegenseitige Drohungen und feindlich eingestufte Ereignisse gibt. In einer solchen Situation wird ein KI-System auch mit höherer Wahrscheinlichkeit einen Krieg vorhersagen und die ohnehin schon kritische Situation kann so verstärkt werden. Die Mitglieder einer Bewertungskommission können sich schwerlich solchen Vorhersagen widersetzen, denn Entscheidungsträger würden eher anstreben, ihre existenzielle Verantwortung mit einem KI-System, das den Nimbus der Allwissenheit und Unfehlbarkeit hat, zu teilen.

So kann man sich fragen, wie hätte Stanislaw Petrow 1983 gehandelt, wenn er Zugriff auf ein KI-System gehabt hätte, das einen Krieg vorhersagt? Vielleicht wäre es anders ausgegangen.

6 Launch on warning

Die „Abschreckungs-Doktrin“ besagt, dass ein Ausbruch eines Atomkriegs dadurch verhindert wird, dass eine Zweitschlagfähigkeit besteht. Wer angegriffen wird, kann den Einschlag von Atomwaffen abwarten und hat danach immer noch genug Zeit und Potenzial, einen vernichtenden Gegenschlag auszuführen. Im Schlagwort: „Wer als erster schießt, stirbt als zweiter“. Dies setzt unter anderem voraus, dass die militärische Infra- und Kommunikationsstruktur in wesentlichen Teilen funktionsfähig bleibt. Solange Konsens über eine Zweitschlagfähigkeit besteht, könnte eine „launch on impact“-Strategie verfolgt werden und das Risiko, dass ein Fehler in einem Frühwarnsystem zu einem Atomkrieg aus Versehen führt, ist deutlich geringer. Allerdings könnte es auch fehlerhafte Treffermeldungen geben, wie bei dem Fehlalarm am 3.10.1979 (siehe Abschnitt 3.2). Falsche Treffermeldungen könnten auch durch Kommunikationsfehler, Cyberattacken oder in Situationen vergleichbar mit der vom 9.11.1979 (siehe Abschnitt 3.2) ausgelöst werden.

6.1 Gefährdete Zweitschlagsfähigkeit

Die in den 1980er Jahren durchgeführte Nachrüstung gefährdete die Zweitschlagfähigkeit, denn die Mittelstreckenraketen Pershing II und Cruise-Missile verfügten über eine automatische Zielsteuerung, basierend auf Kameras und automatischer Bilderkennung. So konnte eine Treffergenauigkeit von 10 bis 50 Metern erreicht werden und durch diese Zielgenauigkeit konnten Raketensilos und Kommandozentralen mit hoher Wahrscheinlichkeit getroffen und ausgeschaltet werden.

In der Folge gab es von beiden Seiten Hinweise, dass gegebenenfalls auch eine „launch on warning“-Strategie angewendet werden könne. Bei einer Befragung durch die Senatoren ließ der amerikanische Verteidigungsminister diese Frage offen und verweigerte auf Nachfragen die Aussage.³³ Die sowjetische Seite sah die Bedrohung durch die Mittelstreckenraketen als so bedrohlich an, dass der Übergang zu einer „launch on warning“-Strategie angekündigt wurde. Die Sowjets kündigten an, dass der Abschuss von Atomraketen weitgehend vollautomatisch durch Computer vollzogen und jede menschliche Eingriffsmöglichkeit abgeschafft werden solle.³⁴ Auch in einem Artikel der Prawda vom 12. Juli 1982 hatte der russische Verteidigungsminister den Übergang zur „launch on warning“-Strategie angedroht. In den Monaten danach gab es widersprüchliche Meldungen, ob eine „launch on warning“- oder „launch on impact“-Strategie galt.

³³ [BS87], Seite 36 und Halloran: Shift of Strategy on Missile Attack Hinted by Weinberger and Vessey, New York Times, 6. Mai 1983

³⁴ Washington Post, 11. April 1982

Jedenfalls verfügt Russland über ein System von Nuklearwaffen in tiefen unterirdischen Bunkern im Ural, das halbautomatisch einen nuklearen Gegenschlag ausführen könnte, wenn die politische und militärische Führung in Moskau ausgeschaltet wird.³⁵

Inzwischen wird in China diskutiert, die Nuklearraketen in einen Alarmmodus zu versetzen, damit diese bei einer Angriffsmeldung des Frühwarnsystems gestartet werden können.³⁶

Zuletzt gab es zunehmend Befürchtungen [Sha18], dass neue zielgenaue US-Atomraketen in Kombination mit einem wirksamen Raketenabwehrsystem die USA in die Lage versetzen könnten, die russischen oder chinesischen Nuklearstreitkräfte in einem Erstschlag zu vernichten, ohne deren Zweitschlagkapazität fürchten zu müssen. Auch moderne Hyperschallwaffen, die nicht notwendig nuklear bewaffnet sind, könnten die Nuklearstreitkräfte eines Gegners entscheidend schwächen und deren Zweitschlagfähigkeit gefährden. Eine mangelnde Zweitschlagfähigkeit würde auf der anderen Seite die Gefahr eines Übergangs zu einer „launch on warning“-Strategie deutlich erhöhen.³⁷

6.2 Situations-Aspekte

Welche dieser Strategien wann galt oder aktuell gilt, kann nicht genau gesagt werden, denn diese Informationen unterliegen der Geheimhaltung und entsprechende Drohungen können auch Propagandazwecken dienen. Auf jeden Fall wird bei der Meldung eines Raketenangriffs durch ein Frühwarnsystem ein Bewertungsprozess gestartet, bei dem es vermutlich weder ein strenges „launch on warning“, noch ein strenges „launch on impact“ geben wird. Stattdessen wird die Entscheidung von der gegebenen Situation abhängen. Dabei kann entscheidend sein,

- wie stark die Bedrohung eingeschätzt wird,
- wie die aktuelle politische Weltlage ist,
- ob eine Krisensituation vorliegt,
- ob es bereits andere feindliche Vorfälle gibt und
- wie die Verfassung der Konferenzteilnehmer ist.

Für sehr viele Teilaufgaben eines Frühwarnsystems (in der Regel Erkennungsaufgaben) gibt es bereits KI-basierte Lösungen, die Resultate mit gewisser Wahrscheinlichkeit liefern und da die verfügbaren Daten (Sensor Daten) zunehmen werden und die verfügbare Zeit geringer wird, werden immer mehr solcher Teilaufgaben automatisch gelöst werden müssen. In der Kürze der Zeit ist keine Beurteilung durch Menschen möglich und wenn es in Krisenzeiten

³⁵ [Sha18], Seite 370

³⁶ [Kul16]

³⁷ [Ste17] und <https://www.imi-online.de/2016/06/20/atomare-muskelspiele-die-nukleare-offensive-der-nato/>

mit gegenseitigen Drohungen zu einer Raketenangriffsmeldung kommt und „bestätigende“ Ereignisse eintreten (z.B. Flugzeugabsturz oder -abschuss, Cyberangriff) ist die Gefahr einer fatalen falschen Entscheidung groß. Auch wenn Menschen die letzte Entscheidung haben, wird es ähnlich wie bei anderen KI-dominierten Anwendungen (z.B. Finanzgeschäften) schwierig sein, sich gegen die Empfehlungen der Maschine zu stellen. Möglicherweise stellt sich dann nicht mehr die Frage, ob eine „Launch on Warning“-Strategie gilt oder nicht.

7 Mögliche Folgen eines atomaren Angriffs

Falls die Fehlinterpretation eines Frühwarn- und Entscheidungssystems zu einem Atomkrieg führt, hat dies globale Folgen und kann die Menschheit als Ganzes bedrohen. Auf die direkten Folgen von Atombombeneinsätzen soll hier nicht eingegangen werden, dazu können andere Quellen herangezogen werden (z.B. wikipedia³⁸). Hier werden nur einzelne spezielle Auswirkungen, die im Kontext dieses Artikels relevant sind, kurz behandelt.

7.1 EMP

Als elektromagnetischen Puls (EMP) bezeichnet man eine kurzzeitige breitbandige elektromagnetische Strahlung, die zu einer Fehlfunktion oder Zerstörung elektronischer Bauteile führen kann. Eine Kernwaffenexplosion in 100 km Höhe kann einen „nuklearen elektromagnetischen Impuls“ auslösen und zu einer Zerstörung elektronischer Bauteile im Wirkungsbereich führen und damit die Kommunikationsinfrastruktur zerstören oder zumindest stark einschränken. Der Kernwaffentest am 9.7.1962 über dem Pazifik verursachte in den betroffenen Gebieten die Beschädigung und teilweise Zerstörung von Versorgungsnetzen und Schiffen.³⁹ Allerdings sind die wichtigsten militärischen Kommunikationswege „gehärtet“, das heißt gegen den EMP teilweise immun.

Es wird oft spekuliert, dass bei einem atomaren Konflikt als Erstes versucht wird, durch eine Kernwaffenexplosion in großer Höhe einen EMP auszulösen und die gegnerische Elektronik zu schädigen und teilweise zu zerstören. Dies kann die Funktionsweise von Frühwarn- und Entscheidungssystemen und nichtgehärteten Kommunikationsnetzwerken stören und zum Ausfall wichtiger militärischer und ziviler Infrastruktursysteme wie z.B. der Stromversorgung führen.

7.2 Nuklearer Winter, Ozonschicht

Eine große Anzahl von Kernwaffenexplosionen kann zu Dunkelheit und einer Abkühlung der Erdatmosphäre und damit zum Zusammenbruch der Nahrungsmittelproduktion führen. Dieser Effekt wurde 1982 erstmals von Paul Crutzen und John Birks beschrieben und in einer weiteren Studie einer Gruppe von Wissenschaftlern wurde dies 1983 als nuklearer Winter bezeichnet. In den darauffolgenden Jahren gab es noch weitere Studien mit jeweils ähnlichen

³⁸ <https://de.wikipedia.org/wiki/Kernwaffe>

³⁹ https://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetischer_Impuls

Ergebnissen. Neue Modellrechnungen zeigen jedoch, dass diese Auswirkungen in den 1980er Jahren eher unterschätzt wurden und die Abkühlung schon ab einem Einsatz von Atomwaffen im Umfang von 100 Megatonnen eintritt. Der Einsatz von mehreren Tausend Megatonnen wird zu einer starken weltweiten Abkühlung über einen langen Zeitraum und zum Zusammenbruch der weltweiten Nahrungsmittelproduktion führen.⁴⁰ Zum Vergleich: die Hiroshima-Bombe hatte eine Sprengkraft von 13 Kilotonnen, die größte bisher gezündete Wasserstoffbombe eine Sprengkraft von 57 Megatonnen.

Ein größerer atomarer Schlagabtausch in entfernten Regionen (z.B. Ostasien) kann also weltweit gravierende Folgen haben, die auch andere Teile der Welt und uns selbst betreffen. *Die Zeit* berichtete im Februar 2018, dass ein begrenzter Atomkrieg, z.B. zwischen Indien und Pakistan, nach neuesten Erkenntnissen der Klimaforschung einen lang anhaltenden nuklearen Winter zur Folge haben würde, der die gesamte Erde erfassen und die Landwirtschaft weltweit ruinieren würde.⁴¹ Auch eine neue Studie, an der u.a. das Potsdam Institut für Klimafolgenforschung beteiligt ist, bestätigt diese Ergebnisse.⁴²

Nuklearexplosionen haben jedoch nicht nur globale Temperaturänderungen zur Folge, sondern bewirken auch chemische Prozesse in der Atmosphäre, die zu einer Abschwächung der vor UV-Strahlen schützenden Ozonschicht führen.⁴³

⁴⁰ https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearer_Winter

⁴¹ *Die Zeit* Nr. 8, 15.2.2018, Seite 16

⁴² <https://www.pik-potsdam.de/de/aktuelles/nachrichten/regionaler-atomkrieg-waere-ein-risiko-fuer-die-globale-ernaehrungssicherheit> und <https://www.pnas.org/content/117/13/7071>

⁴³ <https://sciencev1.orf.at/news/151238.html> und <https://www.pnas.org/content/105/14/5307>

8 Aktuelle Situation

8.1 Atomkriegsuhr

Nach dem Ende des zweiten Weltkriegs haben Atomwissenschaftler die Atomkriegsuhr (Doomsday-Clock) eingerichtet, um auf die Gefahr eines drohenden Atomkriegs hinzuweisen⁴⁴ und der Uhrzeiger wird einmal jährlich im Januar von Atomwissenschaftlern und Nobelpreisträgern erneut eingestellt. Zeigerstand und Gründe dafür werden im „Bulletin of the Atomic Scientists“ veröffentlicht. Die Uhr wurde auf wenige Minuten vor 12 gestellt, das heißt je näher an der 12, desto größer wird das gegenwärtige Risiko eingeschätzt. Die erste Einstellung erfolgte 1947 mit 7 Minuten vor 12.

In der nachfolgenden Übersicht werden einige Festlegungen und Gründe angegeben:

Jahr	Minuten	Gründe
1947	7	Erste Einstellung der Uhr
1953	2	Entwicklung und Test von Wasserstoffbomben
1963	12	Atomteststopp
1984	3	beschleunigtes Wettrüsten
1991	17	Abrüstungsabkommen
1998	9	Atomwaffentests durch Indien und Pakistan
2007	5	Nordkorea testet Atomwaffen, Klimawandel
2015	3	Klimawandel, Modernisierung von Nuklearwaffen
2018	2	Trump, Aufrüstung, Gefährdung INF-Vertrag
2020	1,66	Zuspitzung politische Lage, Klimawandel

2020 wurde die Atomkriegsuhr auf 100 Sekunden vor 12 gestellt, das heißt, die Atomwissenschaftler und Nobelpreisträger urteilten, dass das Risiko eines Atomkriegs derzeit höher ist als jemals zuvor. Die Gründe hierfür sind, dass einige Atommächte zur Zeit ihre Nuklearwaffen modernisieren beziehungsweise weiter ausbauen, dass wesentliche Verträge zur Begrenzung gekündigt wurden und dass der Klimawandel und die damit verursachten Verschlechterungen der Lebensbedingungen in vielen Regionen zu Konflikten führen können. 2021 wurde die Zeigerstellung nicht geändert und blieb bei 100 Sekunden vor Zwölf.

⁴⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Atomkriegsuhr>

8.2 Atomwaffenverbot, Friedensnobelpreis

Am 7.7.2017 hat die UN ein Verbot von Atomwaffen beschlossen dem 122 Staaten zugestimmt haben. Der Vertrag verbietet die Herstellung, den Besitz und den Einsatz von Nuklearwaffen und am 24.10.2020 hat der 50. Staat das Abkommen ratifiziert. Damit trat der Atomwaffenverbotsvertrag am 22. Januar 2021 in Kraft.

Die internationale Kampagne für atomare Abrüstung ICAN hat 2017 den Friedensnobelpreis erhalten, mit dem die Jury die Bemühungen von ICAN für das Atomwaffenverbot belohnte.

Allerdings haben die Atommächte die Verhandlungen über das Atomwaffenverbot boykottiert und nicht unterschrieben, stattdessen beginnt ein neues Wettrüsten.

8.3 Kündigung von Verträgen – mangelndes Vertrauen

Das wichtigste Ergebnis der Abrüstungsvereinbarungen in den 1980er Jahren war der INF-Vertrag, allerdings gab es in den letzten Jahren immer wieder gegenseitige Anschuldigungen über Vertragsverletzungen, die letztendlich zur Kündigung des Vertrags durch den ehemaligen amerikanischen Präsidenten Trump führten. Am 2. August 2019 wurde die Kündigung wirksam.

Die USA haben Russland vorgeworfen, neue Raketen in Kaliningrad zu stationieren, die dem INF-Abkommen zuzuordnen sind und umgekehrt hat Russland den USA vorgeworfen, dass sie mit einem Raketenabwehrsystem in Rumänien das Abkommen verletzen, denn ein System, das Abwehrraketen starten kann, kann auch atomar bestückte Marschflugkörper starten. Die Kündigung durch Donald Trump wurde auch damit begründet, dass China ebenfalls Mittelstreckenraketen besitze und in die Vertragsverhandlungen einbezogen werden müsse.

1992 wurde zwischen 27 Staaten der Nato und des ehemaligen Warschauer Pakts ein Vertrag über den „Offenen Himmel“ (open skies treaty) unterzeichnet. Dieser Vertrag dient der Überwachung von Vereinbarungen der Rüstungskontrolle sowie zur Konfliktverhütung und -bewältigung und war eine wichtige vertrauensbildende Maßnahme. Auch den „Open-Skies-Vertrag“ hat der ehemalige amerikanische Präsident Trump gekündigt und die USA sind am 22.11.2020 aus dem Vertrag ausgestiegen.⁴⁵

Im September 2018 gab es zum ersten Mal seit vielen Jahren mit der Bundeswehr und NATO-Partnern eine Großübung zur ABC-Abwehr (ABC-Waffen sind atomare, biologische,

⁴⁵ <https://www.auswaertiges-amt.de/de/aussenpolitik/themen/abruesting-ruestingkontrolle/open-skies/203010> und <https://www.n-tv.de/politik/USA-haben-Open-Skies-Abkommen-verlassen-article22185141.html>

chemische Waffen), die mit einer veränderten Sicherheitslage begründet wurde.⁴⁶ Und im November folgte das größte NATO-Manöver seit den Zeiten des Kalten Krieges. Im Oktober 2020 hat die Bundeswehr unter dem Begriff „Steadfast Noon“ eine geheime Nato-Übung durchgeführt, bei der auch der Einsatz von Atomwaffen trainiert wurde. An dieser Übung war auch der Luftwaffen-Stützpunkt Büchel beteiligt, wo Atomwaffen lagern sollen.⁴⁷

Das Vertrauensverhältnis zwischen den Atommächten ist derzeit so schlecht wie schon lange nicht mehr, dazu sagen Michael Staack und Gunther Hauser in [SH20]: „Die Beziehungen zwischen Russland und den westlichen Staaten sind gegenwärtig so schlecht wie seit den frühen 1980er Jahren nicht mehr – der Zeit vor dem Amtsantritt Michail Gorbatschows in der damaligen Sowjetunion (1985). Sicherheitspolitisch fällt die Analyse noch kritischer aus. Der damalige Kalte Krieg bewegte sich in relativ geordneten Bahnen und beide Seiten bemühten sich insbesondere, Risiken durch versehentliche militärische Zusammenstöße zu vermeiden. An solchen eingespielten Mechanismen und Selbstkontrollen fehlt es derzeit und das im OSZE-Rahmen aufgebaute Netzwerk von Vertrauens- und sicherheitsbildenden Maßnahmen und Krisenprävention wird nicht geachtet und genutzt. Deshalb ist eine militärische Eskalation aus Versehen wahrscheinlicher geworden als sie das in den 1980er Jahren war. Dazu tragen auch neue Waffensysteme mit verkürzten Vorwarnzeiten bei.“

Auch Reiner Schwalb betont in [Sch20] die Bedeutung von gegenseitigem Vertrauen und geeigneten Kommunikationsmöglichkeiten zwischen Konfliktparteien, um in Krisenzeiten eine unkontrollierte Eskalation zu verhindern und er zeigt Wege auf, wie eine Verbesserung der Beziehungen zwischen den Atommächten erreicht werden könnte. Aktuell setzen die Atommächte jedoch vor allem auf eine Verbesserung der eigenen Stärke mit dem Ziel eine Vormachtstellung gegenüber potenziellen Gegnern zu erreichen und Vereinbarungen zur Rüstungskontrolle bleiben dabei auf der Strecke. Diese Zusammenhänge und die daraus resultierenden Gefahren werden in [Ric20] und [Sta19] behandelt.

Ein dringender Appell zur Verbesserung der Beziehungen zwischen der Nato und Russland und zur Deeskalation der militärischen Risiken wurde unter anderem von 16 früheren Außen- und Verteidigungsministern, 27 ehemaligen Generälen und Admirälen, 24 Botschaftern und 55 Experten aus Universitäten und Think Tanks unterzeichnet und am 6. Dezember 2020 veröffentlicht.⁴⁸

Auch in Ostasien haben sich die Sicherheitsprobleme in den letzten Jahren verstärkt. Es kommt immer wieder zu Konflikten und Drohungen, insbesondere zwischen China und den USA. Dazu kommen Territorialstreitigkeiten zum Beispiel zwischen China und Japan oder

⁴⁶ <https://www.welt.de/regionales/niedersachsen/article181601456/1300-Soldaten-ueben-ABC-Abwehr.html>

⁴⁷ <https://www.bundeswehr-journal.de/2019/geheime-atomwaffenebung-steadfast-noon/> und <https://www.friedenskooperative.de/aktuelles/atomkriegsuebung-steadfast-noon-umgehend-stoppen>

⁴⁸ <https://www.europeanleadershipnetwork.org/group-statement/nato-russia-military-risk-reduction-in-europe/>

zwischen Japan und Russland. In diesen Regionen gibt es ein enormes Eskalationspotential aber keine geeigneten Sicherheitsstrukturen.⁴⁹

Nach einem Bericht der „National Security Commission on Artificial Intelligence“ der USA vom November 2019 besteht die Gefahr, dass KI-fähige Systeme bisher unverletzliche militärische Positionen verfolgen und angreifen und somit die globale strategische Stabilität und nukleare Abschreckung untergraben könnten. Staaten könnten dadurch zu einem aggressiveren Verhalten verleitet werden, was die Anreize für einen Erstschlag erhöhen könnte.⁵⁰ In dem Bericht werden auch Vereinbarungen zwischen USA, Russland, China und anderen Nationen vorgeschlagen, um ein Verbot für einen durch KI-Systeme autorisierten oder ausgelösten Abschuss von Atomwaffen zu erwirken.⁵¹

Auch der SIPRI-Bericht über die Auswirkungen der KI auf die strategische Stabilität und die nuklearen Risiken warnt vor einem zunehmenden Einsatz von autonomen oder KI-basierten Entscheidungsunterstützungssystemen, die nur scheinbar ein klares Bild in kurzer Zeit liefern. Um ein gewisses Maß an Stabilität aufrechtzuerhalten, sei ein Austausch zwischen Militärs über die jeweiligen KI-Fähigkeiten erforderlich, um das Prinzip der nuklearen Abschreckung aufrecht erhalten zu können.⁵²

8.4 Neue Militärstrategien, neues Wettrüsten

In den letzten Jahren ist in der Presse immer wieder betont worden, dass die Gefahr eines Atomkriegs aus Versehen, größer ist als zu Zeiten des Kalten Krieges in den 1980er Jahren. Damals hatte die Friedensbewegung großen Zulauf und es gab große Massendemonstrationen gegen die weitere Aufrüstung. Heute scheint die Bevölkerung dagegen relativ gleichgültig zu sein. Zwei Zitate hierzu:

- *Die Zeit*, 15.2.2018, Seite 15-17: „Mit dem Ende des Kalten Krieges schwand auch die Angst vor einem Atomkrieg. Doch jetzt ist die Angst zurückgekehrt. Das Schlimme ist: Sie ist berechtigt. ... Die Raketenkrise ist da. Nur wird sie in der Öffentlichkeit noch nicht wahrgenommen.“
- *Süddeutsche Zeitung*, 12.6.2018, Seite 11: „... Und doch gibt es heute keinen öffentlichen Aufschrei mehr, wenig Empörung, keine Massendemonstrationen. William Perry ist einer derjenigen, die eine Erklärung für diese Gleichgültigkeit suchen. ... Perry sagt, dass die Regierungen nicht mehr genügend Druck von ihren

⁴⁹ [Sta20], Seite 9, 11-13

⁵⁰ [SW19], Seite 11

⁵¹ [SW19], Seite 46

⁵² [Bou19], Seite 50-51

Bevölkerungen bekommen, weil die Bevölkerung nicht realisiere, wie groß die Gefahr sei. Es habe sich das Gefühl breitgemacht, dass die nukleare Gefahr mit dem Ende des Kalten Krieges weitgehend verschwunden sei. Im Kalten Krieg, so Perry, habe die Bombe immerhin für eine gewisse Stabilität gesorgt. Heute sei sie nur noch gefährlich.“ (Perry ist ehemaliger US-Verteidigungsminister.)

Seit Anfang 2018 gilt für die USA eine neue Militärstrategie, die einen Erstschlag mit Atomwaffen nicht mehr ausschließt. Diese Strategie sieht vor, dass die USA bei signifikanten nicht-nuklearen strategischen Angriffen, dazu können auch Cyberangriffe gehören, eine Gegenreaktion auch mit Atomwaffen ausführen kann.⁵³ Auch in der russischen Militärstrategie ist im Kriegsfall der Einsatz von Atomwaffen zu einem frühen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen.⁵⁴ Im Oktober 2018 hat Putin mit sehr drastischen Worten bekräftigt, dass sein Land einen vernichtenden atomaren Gegenschlag ausführen wird, falls mit hinreichender Sicherheit ein gegnerischer Angriff festgestellt wird.⁵⁵

In den letzten Jahren gibt es immer mehr Meldungen, dass in verschiedenen Ländern am Ausbau und einer Modernisierung von Nuklearwaffen gearbeitet wird. In Zusammenhang mit Frühwarnsystemen und Nuklearstreitkräften sind folgende Aspekte relevant:

- Die Modernisierung und Entwicklung neuer Waffensysteme, wie z.B. Hyperschallraketen,
- die beginnende Weltraumbewaffnung und
- die Weiterentwicklung von Cyberkriegskapazitäten.

Die wichtigsten Atommächte, wie USA, Russland und China modernisieren derzeit ihre Atomwaffen und entwickeln neue Waffensysteme, die Hyperschallraketen nutzen. Diese Waffensysteme sind lenkbar und von Frühwarnsystemen schwer zu erkennen. Aufgrund der hohen Geschwindigkeiten (bis zu 20facher Schallgeschwindigkeit) verkürzen sie die Vorwarnzeiten erheblich. Neben den Aspekten höherer Treffsicherheit und kürzerer Vorwarnzeiten gibt es auch Hinweise auf Pläne zu kleineren Nuklearwaffen, die eher eingesetzt werden können. Eine angenommene niedrigere Einsatzschwelle erhöht aber auch die Gefahr, dass eine Alarmmeldung als gültig angenommen wird, denn der Einsatz von Atomwaffen wird ja wahrscheinlicher.⁵⁶ Auch kleine Atommächte rüsten weiter auf, so

⁵³ <https://www.handelsblatt.com/politik/international/neue-us-nuklear-doktrin-atomarer-erstschlag-ja-aber-seite-2/3405564-2.html?ticket=ST-2254642-nozcXaSvCEKSTumXR6WW-apl>,

⁵⁴ Die Zeit, Nr. 42, 6.10.2016, Seite 5 und Nr. 8, 16.2.2017, Seite 3, sowie [Ste17]

⁵⁵ <https://www.welt.de/politik/ausland/article182331422/Wladimir-Putin-Wir-kommen-als-Maertyrer-in-den-Himmel-die-Angreifer-werden-verrecken.html>

⁵⁶ <https://www.tagesspiegel.de/politik/hyperschallwaffen-ein-neues-globales-wettruesten-startet/25935958.html>, https://www.deutschlandfunk.de/das-neue-atomare-wettruesten-2-6-mini-nukes.676.de.html?dram:article_id=480420, <https://www.faz.net/aktuell/politik/von-trump-zu-biden/mini-nukes-amerika-will-mehr-kleine-atombomben-15430483.html>, Süddeutsche Zeitung vom 21.3.2020, Seite 32-33 und [Ric20]

verfügt Nordkorea wohl auch über Raketen mit interkontinentaler Reichweite und dürfte inzwischen nuklearwaffenfähiges Material für 30 bis 60 Nuklearwaffen haben.⁵⁷

Unsere Gesellschaften hängen inzwischen in hohem Maß von der Weltraum-Technologie ab, insbesondere von Satelliten zur Unterstützung von Navigation und Kommunikation. Völlig unkalkulierbar sind daher die Auswirkungen der geplanten Bewaffnung des Weltraums denn auch militärische Systeme sind in hohem Maße vom Funktionieren einer Satelliten-Kommunikation abhängig. Als Konsequenz haben mehrere Nationen angekündigt, ihre Streitkräfte um die Dimension Weltraum zu erweitern.⁵⁸ Bereits 2007 hat China entsprechende Fähigkeiten demonstriert und einen ausgedienten Wettersatelliten mit einer Rakete abgeschossen.⁵⁹

Auch Cyberkriegskapazitäten werden von vielen Staaten ausgebaut und Konflikte wie zwischen Iran und USA waren zuletzt regelmäßig von Cyberangriffen begleitet. Auch die Möglichkeiten für Desinformationskampagnen und Informationskrieg nehmen zu, sodass Techniken wie deepfake zu einer Vertrauenskrise führen können und jede übermittelte Information an ein Frühwarnsystem könnte falsch sein. Dies wird in vielen Fällen nicht feststellbar sein.

Die Zeiten des kalten Krieges waren geprägt durch Bipolarität. Zwei Militärblöcke standen sich gegenüber und eine gesicherte Zweitschlagfähigkeit war Grundlage der nuklearen Abschreckungstheorie: Jeder nukleare Angriff würde zur sicheren gegenseitigen Vernichtung führen. Auch wenn es viele gefährliche Situationen gab, die nur durch Glück nicht zu einem Atomkrieg eskaliert sind, hat die Abschreckungstheorie militärische Auseinandersetzungen in Europa verhindert. Die Tatsache, dass es nur zwei nukleare Machtblöcke gab, hatte Abrüstungsvereinbarungen erleichtert. Die Nukleartechnologie ist heute von Multipolarität geprägt, es gibt inzwischen einige Atommächte und Vereinbarungen und eine wirksame Kontrolle werden deutlich schwieriger. Zudem wird der Zugang zur Nukleartechnologie und waffenfähigem Material für Staaten und nichtstaatliche Akteure (Terrororganisationen) immer leichter.⁶⁰ Kersten Lahl und Johannes Varwick schreiben dazu in [LV19] (Seite 121): „Je mehr nukleare Akteure ‚mitspielen‘, je ausgereifter die technischen Entwicklungen werden und je komplexer sich damit das strategische Entscheidungsfeld um nukleare Einsätze und Einsatzdrohungen gestaltet, desto höher wird das Risiko einer mangelnden internationalen Beherrschbarkeit der Kategorie nuklearer Waffen.“

⁵⁷ [Neu20], Seite 31

⁵⁸ <https://deutsche-wirtschafts-nachrichten.de/507448/Krieg-der-Sterne-Die-grossen-Maechte-ring-um-den-Weltraum> und <https://deutsche-wirtschafts-nachrichten.de/507728/Krieg-der-Sterne-Teil>

⁵⁹ <https://www.faz.net/aktuell/politik/china-schiesst-satellit-ab-erfolgreicher-raketentest-im-weltall-1407673.html>

⁶⁰ [LV19], Seite 117 - 121

8.5 Krisen durch Klimawandel

Seit 2007 werden beim Stellen der Atomkriegsuhr (siehe Abschnitt 8.1) auch der Klimawandel und Fortschritte bei internationalen Vereinbarungen zur Begrenzung der globalen Erwärmung berücksichtigt. Der Klimawandel wird dazu führen, dass Regionen der Welt unbewohnbar werden und der Anstieg des Meeresspiegels bedroht vor allem viele Regionen in Asien, insbesondere die großen Flussdeltas, in denen mehr als 200 Millionen Menschen leben.⁶¹

Extreme Hitzewellen führen nach einem Bericht der Max-Planck-Gesellschaft vom 29. April 2016 dazu, dass Teile von Nordafrika und dem Nahen Osten wegen der einsetzenden Dürre unbewohnbar werden können. Mehr als 500 Millionen Menschen leben dort und sind bereits jetzt vom Klimawandel stark betroffen.⁶²

Nach einem Bericht der „Zeit“ vom Mai 2017 zwingt der Klimawandel bereits jetzt mehr Menschen zur Flucht als alle Kriege zusammen; allein 2015 mussten fast 20 Millionen Menschen wegen des Klimas ihre Heimat verlassen.⁶³

Wenn in größerem Umfang Menschen ihre Heimat verlassen müssen, weil sie in Folge des Klimawandels unbewohnbar ist, wird dies zwangsläufig zu mehr politischen Krisen, Spannungen und vielleicht auch kriegerischen Auseinandersetzungen zwischen Staaten führen. Ähnliches gilt für den Kampf um immer knapper werdende Ressourcen wie Wasser oder Rohstoffe, die von den Industrienationen benötigt werden.

⁶¹ http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Meeresspiegelanstieg_in_Asien

⁶² <https://www.mpg.de/10479763/klimafluechtlinge-naher-osten-nordafrika-klimawandel>

⁶³ Die Zeit Nr. 22, 24.5.2017, Seite 29

9 Perspektiven

9.1 FWES: komplexes, dynamisches System – steigendes Risiko

In Frühwarn- und Entscheidungssystemen sind umfangreiche Informationen zu verarbeiten, die sich immer wieder ändern. Dies betrifft sowohl die zu erkennenden Objekte als auch weltpolitisches Kontextwissen, einschließlich Wissen über technische Möglichkeiten und vermutete Absichten von potentiellen Gegnern, wobei die Zahl der Gegner mit Atomwaffen heute deutlich höher ist, als zu Zeiten des „Kalten Krieges“ in den 1980er Jahren. Hinzu kommt die angestrebte Weltraumbewaffnung, die auf vielfältige Weise Rückkopplungen mit Frühwarnsystemen bewirkt. Wenn ein Satellit eines Frühwarnsystems ausfällt, der der Erkennung von angreifenden Atomraketen dient, kann dies verschiedene Ursachen haben, wie zum Beispiel:

- technisches Versagen,
- Kollision mit Weltraumschrott,
- einen Cyberangriff oder
- den Abschuss durch Weltraumwaffen.

Diese Aspekte müssen in Frühwarnsysteme einbezogen werden, denn die letzten beiden Punkte könnten auch die Vorbereitung eines Angriffs sein.

Es ist also zu erwarten, dass Umfang und Komplexität der Informationen, die in Frühwarn- und Entscheidungssystemen zu verarbeiten sind, in den nächsten Jahren deutlich zunehmen werden. Damit werden die Anforderungen an die Erkennungsleistung der technischen Systeme einerseits und an die Kompetenzen des menschlichen Bewertungspersonals andererseits enorm steigen.

Das heißt, wegen der geringen verfügbaren Zeit werden immer mehr Komponenten der Künstlichen Intelligenz zum Einsatz kommen müssen, aber aufgrund der unsicheren und unvollständigen Datengrundlage sind solche Systeme, wie wir bereits oben diskutiert haben, unzuverlässig und die Ergebnisse können von Menschen in der kurzen verfügbaren Zeit auch nicht überprüft werden (siehe [TSB20]).

9.2 Keine Korrekturmöglichkeit bei einer Fehlentscheidung

In vielen Fällen kann nach mehrfachem Einsatz eines gefährlichen Waffentyps hinterher ein Konsens entstehen, dass solche Waffen nicht mehr eingesetzt werden dürfen. So trat am 29.

April 1997 eine Chemiewaffenkonvention in Kraft, welche die Entwicklung, Herstellung, Lagerung und den Einsatz von chemischen Waffen verbietet.

Diskutiert wird derzeit ein Verbot von autonomen Waffen und Killerrobotern. Auch wenn bisher ein solches Verbot nicht zu Stande gekommen ist und autonome Waffen derzeit weiterhin hergestellt und angewendet werden, kann nach einiger Zeit und einer gewissen „Anwendungserfahrung“ immer noch eine Vereinbarung zum Verbot solcher Waffen möglich sein. Wenn es dagegen heute in einer Krisensituation zu einem Fehlalarm in einem Frühwarn- und Entscheidungssystem kommt, eventuell weitere Ereignisse dies bestärken oder Alarmierungsketten in Gang kommen, können innerhalb weniger Minuten Entscheidungen fallen, die zu einem massiven atomaren Schlagabtausch führen. Eine nachträgliche Einsicht, dass dies eigentlich nicht gewollt war und hätte verhindert werden müssen, käme zu spät.

Bei Waffenarten wie Chemiewaffen oder autonomen Waffen ist eine nachträgliche Umkehr nach einem Einsatz noch möglich, bei einem globalen atomaren Schlagabtausch nicht mehr.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Atomwaffenarsenale zu einem immer größeren Risiko und de facto unbeherrschbar geworden sind, das heißt, dass vertrauensbildende Maßnahmen und Verträge zur Deeskalation dringend notwendig wären. Die wichtigste Entscheidung wäre, dass auch die Atomwaffenstaaten ihre Nuklearwaffen verschrotten und sich dem Atomwaffenverbotsvertrag anschließen.

Dies fordern weltweite Organisationen wie ICAN⁶⁴ und die UN⁶⁵ seit vielen Jahren und auch Russland hat sich unter Gorbatschow immer wieder dazu geäußert. Er sagt in [Gor17]: „Ich sehe noch immer die Gefahr eines Atomkriegs, solange die letzte Atombombe nicht abgeschafft ist. Ein solcher Krieg wäre der letzte in der Menschheitsgeschichte.“

⁶⁴ The **Nobel Peace Prize** 2017 was awarded to the International Campaign to Abolish Nuclear Weapons (ICAN) "for its work to draw attention to the catastrophic humanitarian consequences of any use of nuclear weapons and for its ground-breaking efforts to achieve a treaty-based prohibition of such weapons."

⁶⁵ The **Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons** (TPNW), or the **Nuclear Weapon Ban Treaty**, is the first legally binding international agreement to comprehensively prohibit nuclear weapons with the ultimate goal being their total elimination. It was adopted on 7 July 2017, opened for signature on 20 September 2017, and has entered into force on 22 January 2021

Literatur

- Hinweis: Alle Internetlinks, auch die in den Anmerkungen auf den einzelnen Seiten, wurden aufgerufen und geprüft am 22.01.2021
- [And20] Ross Anderson: Security Engineering – A Guide to Building Dependable Distributed Systems, Wiley, 2020
- [AS16] Greg Austin & Pavel Sharikov: Pre-emption is victory - aggravated nuclear instability of the information age, *The Nonproliferation Review*, 23:5-6, 691-704, <https://doi.org/10.1080/10736700.2017.1346834>, 2016
- [BS85] Karl Hans Bläsius, Jörg Siekmann: Computergestützte Frühwarn- und Entscheidungssysteme. in: Bähren, Tatz (Hrsg.): Wissenschaft und Rüstung, S. 163-199, 1985
- [BS87] Karl Hans Bläsius, Jörg Siekmann: Computergestützte Frühwarn- und Entscheidungssysteme. *Informatik-Spektrum*, Band 10, Heft 1, 24-39, 1987
- [Bou19] Vincent Boulanin (ed.): The Impact of Artificial Intelligence on Strategic Stability and Nuclear Risk. Sipri Report, <https://www.sipri.org/sites/default/files/2019-05/sipri1905-ai-strategic-stability-nuclear-risk.pdf>, 2019
- [Bra83] P. Bracken: The Command and Control of Nuclear Forces. Yale University Press, 1983
- [Dum80] L.J. Dumas: Human Fallibility and Weapons. *Bulletin of the Atomic Scientists* 39, 9, S. 15 - 20, 1980
- [Fin64] H. Finer: Dulles over Suez, *Chicago Quadrouple*, S. 418, 1964
- [GAO81] US General Accounting Office: NORAD's Missile Warning System: What went wrong? MASAD-81-30, 1981
- [Gor17] Michail Gorbatschow: Kommt endlich zur Vernunft - Nie wieder Krieg! Benevento Publishing, 2017
- [HG80] Gary Hart, Barry Goldwater: Recent False Alerts from the Nation's Missile Attack Warning System. United States Senate, Committee on Armed Service, Washington D.C., 1980
- [Hik18] Uwe Hicks: Konflikte werden durch Klimawandel weiter zunehmen. in: *FriedensForum* Nr. 1, Seite 3-4, 2018
- [Kla19] Michael T. Klare: All Hell Breaking Loose - The Pentagon's Perspective on Climate Change, Henry Holt & Company Inc, 2019
- [Kre19] Hans-Jörg Kreowski: Ein kurzer Einblick in die Arbeit der Enquete-Kommission Künstliche Intelligenz. In: *FIF-Kommunikation* Nr. 2, Seite 7-9, 2019

- [Kul16] Gregory Kulacki: China's Military Calls for Putting Its Nuclear Forces on Alert, <https://www.ucsusa.org/sites/default/files/attach/2016/02/China-Hair-Trigger-full-report.pdf>, 2016
- [LV19] Kersten Lahl, Johannes Varwick: Sicherheitspolitik verstehen – Handlungsfelder, Kontroversen und Lösungsansätze, Wochenschau Verlag, 2019
- [Neu20] Götz Neuneck: Begrenztes Wissen, alternative Einschätzungen, offene Fragen: Anmerkungen zum Nuklear- und Raketenprogramm Nordkoreas, in: [Sta20], Seite 21 – 40, 2020
- [Per92] Charles Perrow: Normale Katastrophen - Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik, Campus Verlag, 1992
- [Ric20] Wolfgang Richter: Nukleare Rüstungskontrolle in Gefahr. SWP-Aktuell A 34, 2020 https://www.swp-berlin.org/fileadmin/contents/products/aktuell/2020A34_ruestungskontrolle.pdf
- [Sch11] Jürgen Scheffran: Climate Change, Nuclear Risks and Nuclear Disarmament – from Security Threats to Sustainable Peace. Hamburg: World Future Council, 2011, https://www.worldfuturecouncil.org/wp-content/uploads/2016/01/WFC_2009_Climate_Change_Nuclear_Risks_and_Nuclear_Disarmament.pdf
- [Sch16] Jürgen Scheffran: Kettenreaktion außer Kontrolle – Vernetzte Technik und das Klima der Komplexität. Blätter für deutsche und internationale Politik, Nr. 3 (März), S. 101-110, 2016
- [Sch13] Eric Schlosser: Command and Control, Verlag C.H.Beck, 2013
- [SW19] Eric Schmidt, Robert O. Work, u.a.: National Security Commission on Artificial Intelligence – Interim Report, November 2019, <https://www.epic.org/foia/epic-v-ai-commission/AI-Commission-Interim-Report-Nov-2019.pdf>
- [Sch20] Reiner Schwalb: Wege aus der Krise? In: [SH20], Seite 9 - 22
- [SB20] Giuseppe Sgamba, Brad Bredenkamp, u.a. (ed.): Leveraging Emerging Technologies in Support of NATO Air & Space Power, Joint Air and Space Power Conference 2020, https://www.japcc.org/wp-content/uploads/Read_Ahead_2020_Screen.pdf
- [Sha18] Pavel Sharikov: Artificial intelligence, cyberattack, and nuclear weapons—A dangerous combination. Bulletin of the Atomic Scientists, 74:6, 368-373, <https://doi.org/10.1080/00963402.2018.1533185>, 2018
- [SH20] Michael Staack, Günther Hauser (Hrsg.): Russland und der Westen – Ist cooperative Sicherheit möglich? WIFIS-aktuell, Verlag Barbara Budrich, 2020
- [Sta19] Michael Staack: „Rüstungskontrolle ist nicht mehr zeitgemäß.“ mit Kommentaren von Götz Neuneck und Alexander Gräf; in: die Friedens-Warte –

-
- Journal of International Peace and Organization, Heft 3-4, 2019, Schwerpunkt „Mythen der etablierten Sicherheitspolitik“, Seite 167 – 181
- [Sta20] Michael Staack (Hrsg.): Der Nordkorea-Konflikt – Interessenlagen, Konfliktdimensionen, Lösungswege, Verlag Barbara Budrich, 2020
- [Ste17] Otmar Steinbicker: Rückkehr der „Flexible Response“? in: FriedensForum Nr. 1, 2017, Seite 13-14
- [Teg17] Max Tegmark: Leben 3.0 - Mensch sein im Zeitalter Künstlicher Intelligenz. Ullstein Verlag, 2017
- [TSB20] Ingo Timm, Jörg Siekmann, Karl Hans Bläsius: KI in militärischen Frühwarn- und Entscheidungssystemen, www.fwes.info/fwes-ki-20-1.pdf, 2020
- [Woo18] Bob Woodward: Furcht - Trump im Weissen Haus. Rowohlt Verlag, 2018