

Computergestützte Frühwarn- und Entscheidungssysteme

Karl Hans Bläsius, Jörg Siekmann

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

Trier, Saarbrücken, 8.8.2019, www.fwes.info/fwes-19-3.pdf

Neue Version: www.fwes.info/fwes-21-1.pdf

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

Siehe auch www.akav.de

Zusammenfassung

Die Gefahr eines Atomkrieges aus Versehen ist derzeit wieder sehr groß. Zu dem Gefahrenpotenzial tragen auch Entwicklungen der Informatik bei. 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 Hard- oder Softwarefehler verursacht sein können. Fehler in der Interpretation, Verarbeitung oder Weiterleitung von Daten können zu einer falschen Angriffsmeldung bezüglich Atomraketen und damit zu sehr kritischen Situationen führen. Ein FWES kann auch KI-basierte Funktionen enthalten, die für gewisse Teilaufgaben Entscheidungen automatisch treffen. Cyberattacken können gefährliche und unkalkulierbare Wechselwirkungen mit Frühwarn- und Entscheidungssystemen sowie den Nuklearstreitkräften erzeugen und damit das Risiko eines Atomkriegs aus Versehen erheblich erhöhen. Die Bewertung von Angriffsmeldungen hängt auch vom politischen Kontext ab. Der Klimawandel wird vermutlich dazu führen, dass verschiedene Regionen unbewohnbar werden und damit vermehrt Klimaflüchtlinge verursachen. Dadurch wird es in Zukunft häufiger politische Krisen geben, als Folge werden Raketenangriffsmeldungen gefährlicher.

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. Heute verfügen etliche Länder über Atomwaffen. 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. Mitte des 20. Jahrhunderts gab es sogar Pläne, mit einem massiven Atomwaffeneinsatz den Gegner auszulöschen.¹ Damals noch nicht bekannt waren die globalen Auswirkungen eines solchen Angriffs (nuklearer Winter, siehe Abschnitt 7.2).

Bei einem massiven Angriff des 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.

Voraussetzung hierfür ist, dass ein gegnerischer atomarer Angriff als solcher erkannt wird. Um dies zu erreichen, wurden Frühwarnsysteme aufgebaut. Die Reaktionszeiten bei einer Angriffsmeldung sind allerdings extrem kurz. Interkontinentalraketen können den Gegner nach einer Flugzeit von 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. Ein Abwarten bis zum Einschlag könnte dazu führen, dass keine Gegenreaktion mehr möglich ist.

Es gab auch Drohungen, dass bei einem durch ein Frühwarnsystem erkannten Angriff ein Gegenschlag automatisch durch Computerentscheidung ausgelöst wird. Zumindest kann es für bestimmte Teilaufgaben Entscheidungen durch Softwarekomponenten geben. 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, auch wenn automatische Entscheidungen enthalten sein können.

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. Die Friedensbewegung erhielt enormen Zulauf.

Vielleicht hat diese Friedensbewegung 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

¹ [Sch13], Seite 102 - 108

bestückt werden können und eine Reichweite zwischen 500 und 5500 km haben. Die damals existierenden Mittelstreckenraketen wurden vernichtet. Dieser Prozess war 1991 abgeschlossen. Neue Mittelstreckenraketen dürfen nicht produziert und getestet werden. Diese und weitere Abrüstungsvereinbarungen zwischen USA und Sowjetunion haben zu einer Reduzierung ihrer Atomwaffen von 70.000 auf 15.000 geführt.

Der INF-Vertrag von 1987 ist 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. Einiges deutet darauf hin, dass die Risiken sogar noch größer sind und weiter steigen könnten (siehe Kapitel 8).

In den nachfolgenden Kapiteln geht es in erste Linie um den Einfluss der Informatik auf das Atomkriegsrisiko und die Gefahren, die hierbei von computergestützten 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 Russland² und China. Inzwischen wird auch in China diskutiert, die Nuklearraketen in einen Alarmmodus zu versetzen, damit diese bei einer Angriffsmeldung des Frühwarnsystems gestartet werden können.³

Aufbau und Funktionsweise von Frühwarnsystemen sind vor allem von amerikanischer Seite durch verschiedene Untersuchungsberichte und Veröffentlichungen in den 1980er Jahren bekannt geworden. Die wichtigste Kommandostelle des amerikanischen Frühwarnsystems ist NORAD (North American Aerospace Defense Command), eine gemeinsame Einrichtung der USA und Kanadas. Der Betrieb wurde bereits 1957 aufgenommen. NORAD basiert auf einem komplexen Computersystem, das bereits 1983 zehn Millionen Zeilen Code enthielt.

Wesentliche Bereiche 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 Aktionen.

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

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

² <http://kaliningrad-domizil.ru/portal/information/politik-and-gesellschaft/raketenfrhwarnsystem-woronesch-dm-in-kaliningrad-bereit-zur-arbeit/>

³ [Kul16]

3 Fehlersituationen in Frühwarnsystemen

Anfang der 1980er Jahre gelangten einige Berichte über falsche Alarmmeldungen durch Frühwarnsysteme bezüglich Raketenangriffen auf die USA in die Öffentlichkeit und schürten die Angst vor einem Atomkrieg aus Versehen durch Computerfehler. Einige dieser Fälle führten zu kritischen Situationen. Die Nachrichten hierüber führten zu großer Verunsicherung in der Bevölkerung. In der Folge hat der amerikanische Senat einen Untersuchungsausschuss gebildet. Durch den Untersuchungsbericht von Gary Hart und Barry Goldwater ([HG80]) und andere Dokumente, die im Zuge der Recherchen an die Öffentlichkeit gelangten (z.B. [GAO81]), sind in dieser Zeit einige Zusammenhänge bekannt geworden bezüglich Alarmsituationen und Abläufen in Frühwarn- und Entscheidungssystemen.

Auch wenn sich bis heute vieles geändert hat, gelten die wesentlichen Erkenntnisse über Gefahrenpotenziale in Zusammenhang mit Frühwarnsystemen aus dieser Zeit auch noch heute. Weitere Aspekte wie Cyberangriffe und KI-Anwendungen (siehe Kapitel 5) erhöhen die Risiken.

3.1 Fehlermöglichkeiten

In hochkomplexen Systemen treten häufig Fehler auf. Es ist nicht möglich ein solches System fehlerfrei zu realisieren. Fehler in Frühwarnsystemen können bedeuten, dass ein Angriff mit atomaren Raketen gemeldet wird, obwohl keine Bedrohung vorliegt. Ein solcher Fehler kann zu gefährlichen Situationen und unter bestimmten Umständen sogar zum Atomkrieg führen.

In jeder Komponente eines informationsverarbeitenden Frühwarn- und Entscheidungssystems können Fehler auftreten. 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:

- 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 unkritisch, da hinreichend viele Redundanzen realisiert sind. Kritisch ist es, wenn durch Computerfehler falsche Daten übermittelt werden. Ursache hierfür können Hardware-, Software- oder Spezifikationsfehler sein.

Hardwarefehler können z.B. durch lokale Überhitzung oder Fehler bei Wartung und Reparatur entstehen. Häufiger sind Softwarefehler. Mit unterschiedlichen Methoden kann versucht werden, die Fehlerwahrscheinlichkeit zu reduzieren. Ein Ansatz könnte die Programmverifikation sein, die bisher aber höchstens für gewisse Teilkomponenten anwendbar wäre. Bei Frühwarnsystemen realisiert wurden mehrere simultane Systeme mit Überprüfung der Ergebnisse auf Übereinstimmung. Solche Ansätze müssen aber auf einer einheitlichen Spezifikation beruhen, die viele Fehler enthalten kann. Das Gleiche gilt auch für die Programmverifikation. Nach heutiger Kenntnis ist es nicht möglich, fehlerfreie Software zu realisieren.

Eine wichtige Methode in der Softwareentwicklung ist das Testen. 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. 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 entlassen wurden, wegen Alkohol- oder Drogenmissbrauch, Geistesstörungen, unnormalem Verhalten oder anderer Verfehlungen.

So zeigt z.B. auch der Germanwings-Absturz am 24.3.2015, verursacht durch den Copiloten, dass eine psychische Störung eines Einzelnen gravierende Folgen für viele 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.

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 von drei Alarmstufen führten (Missile Display Conference). 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: Gemeldet wurde ein Massenüberfall. 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. Diese Komponente sendete permanent Daten, wobei an bestimmten Stellen im Normalfall Nullen standen. 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. Diese kommen von Sensoren. Wenn z.B. ein Infrarotsignal erkannt wird, wird dieses verglichen mit den Infrarotsignalen, die früher 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 andere 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 „Threat Assessment Conference“. Bei Alarmstufe 2 ist auch 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 auch 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. 18 Sekunden später zeigen die Systeme eine wachsende Anzahl von U-Boot-Raketenstarts an. Das Kommandostellenpersonal 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 Richtung USA geschossen worden sind.

Die Überprüfungen ergeben, dass die Alarmmeldungen von den Computersystemen und nicht von den Sensoren stammen. Wegen der unklaren Lage wird trotzdem eine „Threat Assessment Conference“ einberufen. Als Standardreaktion dieser zweiten Alarmstufe bereitet die Luftkommandostelle in Hawaii ihren Start vor. Da diese Alarmstufe andauert, startet die Luftkommandostelle. Der Kommandeur von NORAD bestätigt dann, dass keine Bedrohung vorliegt. Die Alarmstufen werden beendet und 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, wird die Meldung 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.
- 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.

Diesen Fehlalarm verursachten spezielle Reflexionen durch die Sonne. 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. Für seine Entscheidung die Alarmmeldung nicht weiterzuleiten, ist Petrow inzwischen recht bekannt geworden und wird in der westlichen Presse als „der Mann, der die Welt gerettet hat“ dargestellt. Er erhielt im Februar 2012 den Deutschen Medienpreis und im Februar 2013 den Dresden-Preis.⁴ Der im Mai 2017 gestorbene Petrow wurde von den Vereinten Nationen mit dem World Citizen Award ausgezeichnet und erhielt im Oktober 2018 eine Auszeichnung vom „Future of Life Institute“.⁵

- 2.11.1983-11.11.1983: Eine Simulationsübung der NATO, bei der ein atomarer Angriff auf die Sowjetunion simuliert wird, wird von den Sowjets als Vorbereitung eines Angriffs interpretiert. Die Sowjets versetzen die Atomraketen in Alarmbereitschaft und bereiten sie für einen Start vor. Zusätzlich fangen die Sowjets am 11.11. eine NATO-Mitteilung ab, die besagt, dass Atomraketen auf sie abgeschossen worden seien.

Erst später wurde den Amerikanern bewusst, wie gefährlich diese Situation war. Dieser Vorfall wird in der Dokumentation „The Brick of Apocalypse“ behandelt und gehört vermutlich zu den gefährlichsten Situationen, die es seit dem Zweiten Weltkrieg gab.

⁴ 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>

⁵ <https://futureoflife.org/2018/09/26/50000-award-to-stanislaw-petrov-for-helping-avert-wwiii-but-us-denies-visa>

- 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. Die russische Armee ging in höchste Alarmbereitschaft. Der russische Präsident Boris Jelzin aktivierte den Atomkoffer und legte zur Vorbereitung eines Vergeltungsschlages die Startcodes bereit.⁶
- 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.⁷
- 13.1.2018: Auf Hawaii wird vor einem Angriff durch eine Interkontinentalrakete gewarnt. Die Notfallbenachrichtigung wird über Mobiltelefone an die 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 glaubte. 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.⁸

3.5 Risiken Großtechnik

In großtechnischen Anlagen ist es schon häufig zu katastrophalen Fehlern gekommen. Obwohl vorherige Analysen zur Sicherheit und Risikoabschätzungen besagten, dass nichts passieren kann, sind doch Unfälle aufgetreten. 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] beschrieben. Im Folgenden werden einige Beispiele für solche Unfälle angegeben.

Der Unfall im Kernkraftwerk „Three Mile Island“ (Harrisburg) von 1979 begann mit einem Gerätefehler, anschließende Bedienungsfehler führten zu gravierenden Folgen. Vorherige

⁶ [Sch13], Seite 539

⁷ Trierischer Volksfreund, 17.2.2017

⁸ Süddeutsche Zeitung 15.1.2018, Seite 3 - 4, und 31.1.2018, Seite 7

Analysen zur Sicherheit bescheinigten, dass es praktisch nicht zu einem 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 ist in [Sch13] sehr detailliert beschrieben. In [Sch13] werden viele weitere schwere Unfälle in Zusammenhang mit Nuklearwaffen beschrieben, 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

Komplexe technische Anlagen sind schwer kontrollierbar und beherrschbar, es kommen Unfälle vor, z.B. auch bei Kernkraftwerken (Harrisburg, Tschernobyl, Fukushima).

3.6 Großtechnik mit Gegner

Frühwarn- und Entscheidungssysteme sind auch hoch komplexe Systeme, die schwer kontrollierbar sind. Ein folgenschwerer „Unfall“ ist auch in Zusammenhang mit Fehlermeldungen in einem FWES möglich, wobei ein zufälliges Zusammentreffen von unvorhersehbaren Ereignissen und dadurch initiierten Kettenreaktionen zu einem atomaren Schlagabtausch führen kann, der die Menschheit als Ganzes bedroht.

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 sein können. Ähnlich wie bei einem Wettkampf sind die Handlungen eines Gegners schwer vorhersehbar und können nicht kontrolliert werden. Wie bei Wettkämpfen zwischen Gegnern ist auch 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.

⁹ [Per92], Seite 33-55

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

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

4 Bewertung von Alarmmeldungen

4.1 Unvollständige Informationen - falsche Annahmen

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

Welche Auswirkungen fehlende Informationen und falsche Annahmen haben können, zeigt ein Vorfall während der Kuba-Krise 1962. Ein russisches U-Boot, das sich vor Kuba in internationalen Gewässern befand, wurde von der amerikanischen Marine eingekesselt und attackiert. Die Amerikaner wollten es zum Auftauchen zwingen und hatten Moskau darüber informiert. Was die Amerikaner nicht wussten:

- Die Akkus des U-Boots waren fast leer, die Klimaanlage ausgefallen und die Temperatur an Bord lag über 45 Grad.
- Viele Besatzungsmitglieder waren am Rande einer Kohlendioxidvergiftung und ohnmächtig.
- Das U-Boot hatte seit Tagen keinen Kontakt mehr mit Moskau.
- Das U-Boot hatte eine Atomwaffe an Bord, die unter bestimmten Bedingungen, ohne weitere Freigabe von Moskau, eingesetzt werden durfte.

Aufgrund der Attacken glaubte die russische Besatzung, der Krieg sei bereits ausgebrochen, und musste über den Einsatz der Atomwaffe an Bord entscheiden. Der Kapitän des U-Boots hielt die Situation des U-Boots und der Besatzung für aussichtslos und entschied den nuklearen Torpedo abzuschießen. Der Torpedo-Offizier stimmte dem Abschuss zu. Für die Entscheidung über den Atomwaffeneinsatz waren drei Offiziere zuständig. Nur wenn alle drei zustimmten, war ein Einsatz zulässig. Der dritte Offizier, Wassili Archipow, verweigerte die Zustimmung für den Abschuss und verhinderte damit möglicherweise einen atomaren Krieg.¹²

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

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 Fehllarm 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,
- 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 können mit der Zeit verbessert werden, eventuell auch durch Ansätze des maschinellen Lernens. Allerdings wird nie eine hundertprozentige Erkennung möglich sein. Wenn also auf diese Weise die Zahl von Alarmmeldungen deutlich reduziert wird, erhöht dies nicht die Sicherheit. Denn falsche Alarmmeldungen werden trotzdem vorkommen, wenn auch seltener. Dies macht aber die Bewertung durch das Bedienungspersonal nicht einfacher. Die seltenen Fehler sind dann ungewöhnlich oder vielleicht noch nie aufgetreten und erschweren damit eine Bewertung. Das heißt, die Gefahr ist 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 Fehllarm zu erkennen. Dies kann sich in Krisen- und Konfliktsituationen drastisch ändern. In solchen Situationen wird sich das militärisch bedingte Flugaufkommen erhöhen. Ähnliches gilt vermutlich auch für land- und seegestützte Bewegungen. Der Informationsfluss auf Basis von Sensordaten erhöht sich dadurch auch deutlich. Eine genaue Überprüfung von Ereignissen und Alarmmeldungen kann so erschwert

werden. 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. 67 Beinahe-Zusammenstöße sind hier dokumentiert.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. Schwerwiegende Unfälle können hinterher häufig auf ein unglückliches zufälliges Zusammentreffen von an sich unwahrscheinlichen Ereignissen zurückgeführt werden. Beim zufälligen zeitlichen Zusammentreffen bestimmter Ereignisse werden häufig kausale Zusammenhänge angenommen, die gar nicht bestehen. Solche Situationen sind von Menschen schwer beurteilbar. Als Folge sind Fehlinterpretationen und eventuell falsche Entscheidungen möglich.

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

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

¹⁴ [Bra83], Seite 65

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.

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

4.4 Alarmierungsketten

Nach Darstellung einiger Historiker war das Attentat von Sarajevo nicht der alleinige Grund für den Ausbruch des 1. Weltkriegs. Staaten fühlten sich durch hoch aufgerüstete Armeen bedroht und es gab ein internationales, aber unübersichtliches Vertragssystem zwischen verschiedenen Staaten. Entscheidungen zur Mobilisierung und viele ausgegebene Befehle bewirkten die Erzeugung einer Kettenreaktion von sich ständig erhöhenden Alarmstufen. Die Kriegssysteme in jener Zeit versetzten die Nationen gegenseitig in Angst und Schrecken und die politischen Führer verloren die Kontrolle, als die Armeen in Alarmbereitschaft versetzt wurden.

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 und die Luftkommandostelle auf Hawaii war gestartet. Solche Aktivitäten werden vom Gegner erkannt und können in Konfliktsituationen auch dort zu erhöhter Alarmbereitschaft führen. 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.

Möglicherweise können auch die gegnerischen Frühwarnsysteme selbst beobachtet werden. Die gegnerischen Frühwarnsysteme könnten sich dann gegenseitig beeinflussen, wobei insbesondere in Krisenzeiten ungewöhnliche, nicht vorhersagbare Situationen entstehen können. Die Nuklearstreitkräfte mit den Warn- und Informationssystemen könnten dann als ein sich gegenseitig beeinflussendes komplexes System betrachtet werden, 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, von Menschen kontrolliert und beherrscht werden kann.

5 Cyberangriffe - KI-Anwendungen

5.1 Cyberattacken

Es ist nicht auszuschließen, dass Cyberattacken negative Auswirkungen auf Frühwarn- und Entscheidungssysteme und die nuklearen Streitkräfte haben können. Folgende Szenarien 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. gegnerische Führung und Kontrolle schwächen,
5. gegnerische Atomraketen unschädlich machen,
6. Kontrolle über gegnerische Atomraketen erlangen und eventuell starten.

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 z.B. auf die Infrastruktur des Landes sein.

Das zeitliche Zusammentreffen eines Cyberangriffs mit einer Raketenmeldung in einem FWES kann aber ganz besonders gefährlich sein. Denn die neue US-Militärdoktrin sieht vor, dass ein schwerwiegender Cyberangriff auch mit einem atomaren Gegenschlag beantwortet werden kann (siehe Abschnitt 8.3). Bei einem Cyberangriff ist es in der Regel sehr schwer, den Urheber zu bestimmen. 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 auch, 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.

Im Cyberraum sind offensive Werkzeuge leichter realisierbar als eine Verteidigung gegen Angriffe. 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 zerstören.¹⁵ Gegen Nordkorea wurden solche Maßnahmen offenbar umgesetzt. Unter Ex-Präsident Obama sollen Hacker

¹⁵ [AS16], Seite 691

Raketenstarts manipuliert haben. Möglicherweise haben diese Cyberangriffe zum Scheitern etlicher Raketentests von Nordkorea beigetragen.¹⁶

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.¹⁷ Auch der amerikanische General James Cartwright, der Projektleiter bei der Entwicklung des Computerwurms Stuxnet und von 2004 bis 2007 Kommandeur der US-Nuklearstreitkräfte war¹⁸, warnte vor der Gefahr, dass Cyberangriffe zu Fehlalarmen und unautorisierten Raketenstarts führen können.¹⁹

Cyberangriffe könnten gegen Frühwarn- und Entscheidungssysteme gerichtet sein und dabei Teilkomponenten lahmlegen, die Kommunikation stören, Informationen abgreifen oder bestimmte Signale senden. In Zusammenhang mit Anschuldigungen aus den USA, Russland habe den US-Wahlkampf 2016 beeinflusst, gab es als Gegenreaktion die Drohung, dass US-Einheiten in der Lage seien, russische Kommando- und Kontrollsysteme mit Cyberattacken anzugreifen.²⁰

Solche Angriffe müssen nicht von Staaten ausgehen, sondern können irgendwelche anderen 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. 2015 hatte der IS den USA den Cyber-Krieg erklärt und bei einem Angriff auf das Pentagon hochsensible Informationen erbeutet.²¹

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 Basis falscher Daten, die bei einem Cyberangriff durch eine Terror-Organisation gesendet werden. Die Wechselwirkungen zwischen möglichen Cyberattacken einerseits und Frühwarn- und Entscheidungssystemen und den Nuklearstreitkräften andererseits können zu unvorhersehbaren und unkalkulierbaren Situationen führen, die außer Kontrolle geraten. Die Autoren fordern deshalb dringend Vereinbarungen zwischen den Großmächten zur

¹⁶ Zeit Online, 5.3.2017 und [AS16], Seite 695

¹⁷ [AS16], Seite 695

¹⁸ https://de.wikipedia.org/wiki/James_E._Cartwright

¹⁹ <https://futureoflife.org/background/nuclear-close-calls-a-timeline/?cn-reloaded=1>, Beschreibung zur Alarmmeldung vom 19.6.2016

²⁰ [AS16], Seite 692

²¹ FIF-Kommunikation, Nr. 4, 2016, Seite 72

Vermeidung gefährlicher Cyberangriffe, die zu einer atomaren Gegenreaktion führen könnten.

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.

Wenn es Hackern gelingt, sich in eine Konferenz zur Bewertung einer Alarmmeldung einzuschalten und dabei die Verbindung mit einem „falschen“ Präsidenten herzustellen, könnten 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.²² Ein Ausnutzen solcher Möglichkeiten durch Hacker (z.B. von Terror-Organisationen) kann politisches Handeln in Krisensituationen sehr erschweren. Bereits die Tatsache, dass Bedienungsmannschaften irgendwann wissen, dass alles (z.B. Ton- und Videoaufnahmen) gefälscht sein kann, kann zu großen Unsicherheiten bei der Bewertung von Krisensituationen führen.

5.3 KI-basierte Entscheidungen

In [Sha18] beschreibt Sharikov auch die Gefahren, die von Entwicklungen im Gebiet der Künstlichen Intelligenz, in Zusammenhang mit nuklearen Streitkräften, ausgehen. Er betont, dass insbesondere die USA, Russland und China die Entwicklung von KI-Techniken für militärische Anwendungen stark forcieren. Sharikov 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 auch eine Beschreibung von Zielen für KI-Anwendungen. Für die Raketenstreitkräfte sollen insbesondere Diagnose-Expertensysteme

²² <https://de.wikipedia.org/wiki/Deepfake>

entwickelt und angewendet werden. Wichtige Ziele sind u.a. das Bilden sehr fortschrittlicher automatischer Informationssysteme und eine Entscheidungsunterstützung.²³

Mit neuen technischen Möglichkeiten wird die Vielfalt an Sensordaten zur Erkennung eines Raketenangriffs wachsen. Auch die Vielfalt der Objekttypen, die zu erkennen sind, wird wachsen, z.B. durch eine zunehmende Anzahl an Objekten im Luftraum (Drohen) und im Weltraum (Satelliten, Abwehrsystem, Weltraum-Schrott). Kollisionen mit Weltraumschrott und ein Verglühen in der Erdatmosphäre könnten Sensorsignale verursachen, die von den Frühwarnsystemen erfasst werden und schwer interpretierbar sind. Aufgrund der kurzen Zeitspannen, in denen Sensordaten gebildet und bewertet werden müssen, sind hierfür immer mehr automatische, KI-basierte Verfahren erforderlich.

5.4 Zuverlässigkeit KI-basierter Entscheidungen

Automatisch erzeugte Erkennungsergebnisse (meist Klassifikationsergebnisse) gelten nur mit gewisser Wahrscheinlichkeit, es können auch falsche Ergebnisse vorkommen. Eventuell sind weitere automatische Schlussfolgerungen erforderlich, auch bei unvollständigen Informationen. Hierbei können Methoden des „nichtmonotones Schließen“ zum Einsatz kommen. Solche Schlüsse können falsch sein. Falsche Schlüsse können automatisch nur erkannt werden, wenn Widersprüche auftreten.

Eine fachliche Beurteilung KI-basierter Erkennungen durch Menschen ist in der kurzen verfügbaren Zeit kaum möglich. Die automatische Erkennung basiert meist auf Hunderten oder Tausenden von Merkmalen. Die KI-Systeme können in der Regel keine einfachen nachvollziehbaren Begründungen liefern. Selbst wenn Merkmale von einem KI-System ausgegeben würden, könnten diese nicht in der verfügbaren Zeit überprüft werden. Dem Menschen bleibt nur zu glauben, was KI-Systeme liefern.

Für die zuletzt so erfolgreichen „deep-learning“-Ansätze besteht das Problem, dass „Lerndaten“ für die Erkennungsaufgaben in Frühwarnsystemen nur sehr eingeschränkt verfügbar sind. Ein Testen in realen Situationen ist nicht möglich. Zum Beispiel hat Russland eine neue Hyperschall-Waffe angekündigt, die ins Weltall geschossen wird und mit 20facher Schallgeschwindigkeit zurück auf die Erde fliegt. Auch hierfür wird vermutlich eine automatische Erkennung angestrebt. Es wird wenig beobachtbare Starts geben, die als Grundlage für eine automatische Erkennung verwendbar sein könnten. Es wird kaum möglich sein, realisierte Verfahren zur Erkennung solcher Raketenstarts zu testen.

Auch auf Basis weniger Beispiele können KI-basierte Erkennungen realisiert werden. Aber es sind nicht alle Varianten, Ausnahmesituationen vorhersehbar, die möglich sind. Deshalb

²³ [Sha18], Seite 372

kann es zu Fehlern kommen. Es ist technisch nicht möglich, dies zu verhindern. Natürlich gelten solche Grenzen auch für Menschen und es ist nicht sichergestellt, dass menschliche Entscheidungen besser ausfallen würden als die von KI-Systemen, aber es würde die Hoffnung bestehen, dass ein Mensch im Zweifelsfalle ähnlich entscheidet, wie Petrow 1983 (siehe Abschnitt 3.4). Ein KI-System würde eher nach rein formalen Gesichtspunkten auf Basis von Bewertungsmaßen entscheiden.

Bei vielen Anwendungen können KI-Systeme zu besseren Entscheidungen fähig sein, als Menschen. Dies wird z.B. auch für das autonome Fahren erwartet. Experten gehen davon aus, dass die Unfallraten im Vergleich zu menschlichen Fahrern sinken. Voraussetzung hierfür sind aber viele Tests, auch unter realen Bedingungen. Trotzdem passieren Unfälle. So ist im Mai 2016 ein Tesla-Fahrer tödlich verunglückt, da die Systeme die weiße LKW-Fläche falsch interpretiert haben. Ein solcher Fehler kann korrigiert und eine neue Software auf alle anderen Fahrzeuge aufgespielt werden. Auch bei Menschen kommen solche Interpretationsfehler z.B. durch ungünstige Sonneneinstrahlung vor. Hiervon lernt aber bestenfalls der Mensch, dem das passiert. Es gibt keine Übertragung und kein Lernfortschritt für die anderen Menschen. So können im Laufe der Zeit die automatischen Systeme sicherer und die Unfallraten immer weiter reduziert werden.

Für KI-Entscheidungen in Frühwarnsystemen gelten andere Bedingungen. Tests von solchen Systemen unter realen Bedingungen sind nicht möglich. So wird es z.B. nicht viele beobachtbare Starts der neuen russischen Hyperschallrakete geben, um geeignete Kriterien für eine automatische Erkennung zu bestimmen. Ein Lernen auf Basis großer Datenmengen ist hier nicht so einfach möglich. Ein Unfall auf Grund einer falschen Entscheidung eines KI-Systems beim autonomen Fahren kann auch Menschenleben fordern. Ein solcher Fehler in einem Frühwarnsystem kann Millionen oder sogar alle Menschenleben fordern.

5.5 KI-basierte Vorhersagen von Kriegen

Die Bundeswehr hat im März 2018 ein Projekt „Preview“ gestartet, mit dem Ziel, auf der Basis von Methoden der Künstlichen Intelligenz Krisen und Kriege vorherzusagen. Dazu sollen große Datenmengen automatisch analysiert werden. Ausgewertet werden hierbei Internet-Quellen sowie militärische und wirtschaftliche Datenbanken und auch Geheimdienstinformationen. Die Art der verwendeten Daten umfasst ein großes Spektrum, wozu auch Handelsdaten, Marktpreise, demographische Entwicklungen, Kriminalitätsraten, Meinungen in sozialen Netzwerken oder Daten über politische Gewalt gehören. Die KI-Plattform Watson soll in diesem Zusammenhang ebenfalls angewendet werden. Auch in

anderen Staaten (z.B. Schweden, USA) gibt es solche KI-basierte Systeme zur Vorhersagen von Krisen und Kriegen.²⁴

Auch wenn es derzeit keine Hinweise auf einen Zusammenhang mit Frühwarn- und Entscheidungssystemen gibt und das Projekt andere Zielsetzungen hat, kann ein solcher Zusammenhang irgendwann, vielleicht in 5 oder 10 Jahren, von selbst eintreten. Wenn ein Frühwarnsystem einen Raketenangriff meldet und diese Situation in eventuell mehreren Alarmstufen in Konferenzen bewertet wird, ist es durchaus wahrscheinlich, dass Kommissionsmitglieder auch Zugriff auf ein solches System zur Kriegsvorhersage haben. Wenn dieses KI-System in einer solchen Situation einen Krieg vorhersagt, kann dies erheblichen Einfluss auf die Bewertung der Alarmmeldung durch die Kommissionsmitglieder haben.

Eine Alarmmeldung in einem FWES als isoliertes Ereignis in Friedenszeiten wird mit ziemlicher Sicherheit als Fehlalarm bewertet und stellt keine große Gefahr dar. Solche Alarmmeldungen sind besonders gefährlich, wenn eine Krisensituation vorliegt und es gegenseitige Drohungen und eventuell auch als feindlich eingestufte Ereignisse gibt. In einer solchen Situation wird ein KI-System auch mit höherer Wahrscheinlichkeit einen Krieg vorhersagen. Die ohnehin schon kritische Situation kann so durch ein KI-System verstärkt werden. Die Mitglieder einer Bewertungskommission könnten zusätzlich beeinflusst werden und es kann schwer werden, sich solchen Vorhersagen zu widersetzen. 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 z.B. 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. Ähnliches gilt für andere kritische Alarmsituationen.

²⁴ Süddeutsche Zeitung, 23.7.2018, Seite 5 und 9.10.2018, Seite 16

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. 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 Fehllarm am 3.10.1979 (siehe Abschnitt 3.2). Falsche Treffermeldungen könnten z.B. auch durch Kommunikationsfehler, Cyberattacken oder bei Situationen vergleichbar mit der vom 9.11.1979 (siehe Abschnitt 3.2) erzeugt werden. Möglicherweise wird keine feste „Launch“-Strategie gelten, stattdessen werden Entscheidungen situationsbedingt fallen.

6.1 Gefährdete Zweitschlagfähigkeit

Die in den 1980er Jahren durchgeführte Nachrüstung gefährdete die Zweitschlagfähigkeit. Die Mittelstreckenraketen Pershing II und Cruise-Missile verfügten über eine automatische Zielsteuerung durch einen Bordcomputer, basierend auf Kameras und automatischer Bilderkennung. So konnte eine Treffergenauigkeit von 10 bis 50 Metern erreicht werden. 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 kann. Bei einer Befragung durch Senatoren ließ der amerikanische Verteidigungsminister diese Frage offen und verweigerte auf Nachfragen die Aussage.²⁵ 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.²⁶ 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 aktuell eine „launch on warning“-oder „launch on impact“-Strategie gelte.

²⁵ [BS87], Seite 36 und Halloran: Shift of Strategy on Missile Attack Hinted by Weinberger and Vessey, New York Times, 6. Mai 1983

²⁶ 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.²⁷

Zuletzt gibt es zunehmend Befürchtungen, 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.²⁸

6.2 Situations-Aspekte

Welche dieser Strategien wann galt oder aktuell gilt, kann nicht genau gesagt werden. Diese Informationen unterliegen der Geheimhaltung, entsprechende Drohungen können auch Propagandazwecken dienen. Auf jeden Fall wird bei der Meldung eines Raketenangriffs durch ein Frühwarnsystem ein Bewertungsprozess gestartet. Dabei wird es vermutlich weder ein strenges „launch on warning“, noch ein strenges „launch on impact“ geben. 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,
- wie die Verfassung der Konferenzteilnehmer ist.

Eine Entscheidung, ob ein Gegenangriff ausgeführt wird oder nicht, kann also auch davon abhängen, wer gerade Dienst hat, wer verfügbar ist und wie deren Einstellungen sowie deren momentane psychische Verfassung sind. Je größer die Bedrohung bei einer Alarmmeldung ist und je mehr die Zweitschlagfähigkeit gefährdet ist, desto größer wird die Bereitschaft sein, einen Gegenschlag bereits auf der Basis einer Raketenwarnung durch ein Frühwarn- und Entscheidungssystem anzuordnen.

Für sehr viele Teilaufgaben eines Frühwarnsystems (in der Regel Erkennungsaufgaben) gibt es KI-basierte Lösungen. Diese liefern Resultate mit gewisser Wahrscheinlichkeit. Da die verfügbaren Daten (Sensordaten) zunehmen werden und die verfügbare Zeit geringer wird, werden immer mehr solcher Teilaufgaben automatisch gelöst werden müssen. In der Kürze

²⁷ [Sha18], Seite 370

²⁸ [Ste17] und <https://www.imi-online.de/2016/06/20/atomare-muskelspiele-die-nukleare-offensive-der-nato/>

der Zeit ist keine Beurteilung durch Menschen möglich. Wenn es in Krisenzeiten 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.

6.3 Kontrollverlust durch Softwarefehler

In der Vergangenheit gab es immer wieder Drohungen, bei einer Angriffsmeldung die eigenen Raketen vollautomatisch durch Computer zu starten, ohne Eingriffsmöglichkeiten durch Menschen. Dies lässt vermuten, dass zumindest solche Software-Komponenten entwickelt wurden, auch wenn nicht die Absicht besteht, diese in vollautomatischer Variante einzusetzen. Die Entwicklung einer solchen Software kann aber auch Fehler in der Konzeption oder Realisierung enthalten. Auch sind nicht alle möglichen Konstellationen für Alarmfälle bei der Softwareplanung vorhersehbar. Auch dies kann zu unkalkulierbaren Entscheidungen der Software führen.

Die beiden Abstürze der Boeing 737 Max 8 Flugzeuge vom 29.10.2018 und 10.3.2019 zeigen, dass es durch eine falsche und ungünstige Programmierung passieren kann, dass Menschen sich den Entscheidungen der Maschine nicht widersetzen können. Obwohl sich die beiden Piloten korrekt verhalten hatten, konnten Sie die Abstürze und den Tod aller Insassen nicht verhindern. Sie waren nicht in der Lage die falschen Entscheidungen der Maschine zu korrigieren.

Wenn eine oder mehrere der Nuklearstreitmächte in Zusammenhang mit Frühwarnsystemen Software-Komponenten im Einsatz haben, die bei einer Angriffsmeldung eine Gegenreaktion (teil-)automatisch unterstützen können, ist nicht auszuschließen, dass durch Fehler in Konzeption oder Realisierung diese Software-Komponenten Aktionen auszuführen, die von Menschen nicht gestoppt werden können, ähnlich wie bei den beiden Flugzeugabstürzen. Genau wie bei den Flugzeugabstürzen erfolgen Aktionen bei Frühwarnsystemen innerhalb weniger Minuten unter enormen Zeitdruck.

Während bei den Flugzeugabstürzen jeweils die Insassen betroffen waren, wäre bei einem ähnlichen Fehler in einem Frühwarnsystem bei einem der Nuklearmächte möglicherweise die ganze Menschheit getroffen, falls auch noch ein nuklearer Winter resultiert.

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 sogar als Ganzes bedrohen. Auf die direkten Folgen von Atombombeneinsätzen wird hier nicht eingegangen,²⁹ sondern es werden nur einzelne spezielle „Nebeneffekte“ kurz behandelt.

7.1 EMP

Der elektromagnetische Puls (EMP) bezeichnet 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. Ein Kernwaffentest am 9.7.1962 über dem Pazifik verursachte in den betroffenen Gebieten die Beschädigung oder Zerstörung von Versorgungsnetzen und Schiffen.³⁰

Es wird oft spekuliert, dass bei einem atomaren Konflikt als Erstes versucht werden könnte, durch eine Kernwaffenexplosion in großer Höhe einen EMP auszulösen und die gegnerische Elektronik zu schädigen und teilweise zu zerstören. Dies könnte die Funktionsweise von Frühwarn- und Entscheidungssystemen und Kommunikationsnetzwerken stören und zum Ausfall wichtiger 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. Der Effekt wurde 1982 erstmals von Paul Crutzen und John Birks beschrieben. In einer weiteren Studie einer Gruppe von Wissenschaftlern wurde der Effekt 1983 als nuklearer Winter bezeichnet. In den darauffolgenden Jahren gab es noch weitere Studien mit jeweils ähnlichen Ergebnissen. Neue Modellrechnungen zeigen, dass die Auswirkungen in den 1980er Jahren eher unterschätzt wurden. Nach diesen Modellrechnungen wird die Abkühlung ab einem Einsatz von Atomwaffen im Umfang von 100 Megatonnen eintreten. Der Einsatz von mehreren Tausend Megatonnen wird zu einer starken weltweiten Abkühlung über einen

²⁹ siehe z.B. <https://de.wikipedia.org/wiki/Kernwaffe>

³⁰ https://de.wikipedia.org/wiki/Elektromagnetischer_Impuls

langen Zeitraum und zum Zusammenbruch der weltweiten Nahrungsmittelproduktion führen.³¹ 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. Auch die Zeit berichtet 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 hätte, der die gesamte Erde erfassen würde. Die Landwirtschaft würde weltweit ruiniert werden.³²

Nuklearexplosionen haben nicht nur globale Temperaturänderungen als Folge, sondern bewirken auch chemische Prozesse in der Atmosphäre, die zu einer Abschwächung der vor UV-Strahlen schützenden Ozonschicht führen.³³

³¹ https://de.wikipedia.org/wiki/Nuklearer_Winter

³² Die Zeit Nr. 8, 15.2.2018, Seite 16

³³ <https://science1.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 hatten Atomwissenschaftler die Atomkriegsuhr (Doomsday-Clock) eingerichtet, um auf die Gefahr eines drohenden Atomkriegs hinzuweisen.³⁴ Der Uhrzeiger wird einmal jährlich im Januar von Atomwissenschaftlern und Nobelpreisträgern gestellt. Zeigerstand und Gründe werden im „Bulletin of the Atomic Scientists“ veröffentlicht. Die Uhr wird auf wenige Minuten vor 12 gestellt. Je näher an der 12, desto größer wird das 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

2018 erreichte die Atomkriegsuhr wieder den Stand von 2 Minuten vor 12. Das heißt die Atomwissenschaftler und Nobelpreisträger urteilen, dass das Risiko eines Atomkriegs noch nie höher war als heute. Gründe hierfür sind, dass es inzwischen einige Atommächte gibt, die ihre Nuklearwaffen modernisieren und weiter ausbauen und dass der Klimawandel und die damit verursachten Verschlechterungen der Lebensbedingungen in vielen Regionen zu Konflikten führen können. 2019 wurde die Einstellung nicht geändert. Der Zeiger blieb bei 2 Minuten.

³⁴ <https://de.wikipedia.org/wiki/Atomkriegsuhr>

8.2 Atomwaffenverbot, Friedensnobelpreis

Am 7.7.2017 hat die UN ein Verbot von Atomwaffen beschlossen. 122 Staaten hatten diesem Antrag zugestimmt. Der Vertrag verbietet die Herstellung, den Besitz und den Einsatz von Nuklearwaffen. Die internationale Kampagne für atomare Abrüstung ICAN hat 2017 den Friedensnobelpreis erhalten. Die Jury belohnte damit die Bemühungen von ICAN für das Atomwaffenverbot und fordert die Atommächte auf, ernsthafte Abrüstungsverhandlungen zu führen.

Da die Atommächte die Verhandlungen über das Atomwaffenverbot boykottiert hatten, ist dieser Vertrag momentan wirkungslos. Stattdessen beginnt ein neues Wettrüsten.

8.3 Neues Wettrüsten

Das wichtigste Ergebnis der Abrüstungsvereinbarungen in den 1980er Jahren war der INF-Vertrag. Die Kündigung des INF-Vertrags durch Trump wurde am 2 August 2019 wirksam. Als Folge wird ein weiteres atomares Wettrüsten befürchtet. In den letzten Jahren gab es immer wieder gegenseitige Anschuldigungen über Vertragsverletzungen.

Die USA haben Russland vorgeworfen, neue Raketen in Kaliningrad zu stationieren, die dem INF-Abkommen zuzuordnen sind. Umgekehrt hat Russland den USA vorgeworfen, dass sie mit einem Raketenabwehrsystem in Rumänien das Abkommen verletzen. Ein System, das Abwehrraketen starten kann, kann auch atomar bestückte Marschflugkörper starten. Die Kündigung durch Trump wird auch damit begründet, dass China ebenfalls Mittelstreckenraketen besitzt und einbezogen werden müsste. Weitere nukleare Bedrohungen gibt es zwischen Indien und Pakistan, im Nahen Osten und in Korea.

In den letzten Jahren gibt es immer mehr Meldungen, dass in verschiedenen Ländern am Ausbau und einer Modernisierung von Nuklearwaffen gearbeitet wird. Im September 2018 gab es zum ersten Mal seit vielen Jahren von der Bundeswehr mit NATO-Partnern eine Großübung der ABC-Abwehr (ABC-Waffen sind atomare, biologische, chemische Waffen)³⁵, die mit einer veränderten Sicherheitslage begründet wurde. Im November folgte das größte NATO-Manöver seit den Zeiten des Kalten Krieges.

Seit Anfang 2018 gibt es für die USA eine neue Militärdoktrin, die einen Erstschlag mit Atomwaffen nicht mehr ausschließt. Die Doktrin sieht vor, dass die USA bei signifikanten nicht-nuklearen strategischen Angriffen, dazu können auch Cyberangriffe gehören, eine

³⁵ <https://www.swr.de/swraktuell/Die-Bundeswehr-ist-wieder-unterwegs-Erste-Grossuebung-der-ABC-Abwehr-seit-Jahren,abc-abwehrkommando-100.html>

Gegenreaktion auch mit Atomwaffen ausführen kann.³⁶ Auch in der russischen Militärdoktrin ist im Kriegsfall der Einsatz von Atomwaffen zu einem frühen Zeitpunkt nicht ausgeschlossen.³⁷ Im Oktober 2018 hat Putin mit sehr drastischen Worten bekräftigt, dass sein Land einen vernichtenden atomaren Gegenschlag ausführen wird, falls sich herausstellt, dass sein Land angegriffen wird.³⁸

In den letzten Jahren ist in der Presse immer wieder betont worden, dass die Gefahr eines Atomkriegs, eventuell 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 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 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.)

8.4 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?“.³⁹ Hierin wird verdeutlicht, dass bei einer Angriffsmeldung durch ein Frühwarnsystem der Präsident nur wenige Minuten zur Entscheidung für eine

³⁶ <https://www.handelsblatt.com/politik/international/neue-us-nuklear-doktrin-atomarer-ersts Schlag-ja-aber-seite-2/3405564-2.html?ticket=ST-2254642-nozcXaSvCEKSTumxR6WW-ap1>,
https://www.ndr.de/info/sendungen/streitkraefte_und_strategien/streitkraeftesendemanuskript654.pdf

³⁷ Die Zeit, Nr. 42, 6.10.2016, Seite 5 und Nr. 8, 16.2.2017, Seite 3, sowie [Ste17]

³⁸ <https://www.welt.de/politik/ausland/article182331422/Wladimir-Putin-Wir-kommen-als-Maertyrer-in-den-Himmel-die-Angreifer-werden-verrecken.html>

³⁹ Die Zeit, Nr. 47, 10.11.2016, Seite 4

Reaktion hat. Welche Einstellung hat der derzeitige amerikanische Präsident 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 des russischen U-Boots während der Kuba-Krise eine Nuklearwaffe abschießen, aber ein anderer Offizier hat dies mit seinem Einspruch verhindert (siehe Abschnitt 4.1). Richard Nixon war in seiner Amtszeit als amerikanischer Präsident psychisch labil und alkoholabhängig. 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.⁴⁰

Ein wichtiges Merkmal von verantwortungsbewusstem politischem Handeln ist auch, dass man berücksichtigt, welche Folgen eigene Aktivitäten bei potenziellen Gegnern verursachen können, welche Annahmen die Gegner daraus ableiten. Bob Woodward beschreibt in [Woo18], dass dem aktuellen amerikanischen Präsidenten ein Bewusstsein hierfür fehlt. Als Beispiel nennt er, dass Trump gerade so daran gehindert wurde, eine Twitter-Meldung abzusetzen mit der Ankündigung, die Angehörigen der US-Truppen aus Südkorea abzu ziehen. Das „in Sicherheit bringen“ der US-Zivilisten wäre von Nordkorea als Vorbereitung eines Angriffs interpretiert worden.⁴¹

Wenn es unter den Staatschefs 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 z.B. 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.

8.5 Risiken durch Klimawandel

Seit 2007 werden bei der Atomkriegsuhr (siehe Abschnitt 8.1) auch der Klimawandel und Fortschritte bei internationalen Vereinbarungen zur Begrenzung der globalen Erwärmung berücksichtigt. Der Klimawandel führt dazu, dass verschiedene Regionen unbewohnbar

⁴⁰ <https://www.independent.co.uk/news/world/americas/us-military-was-told-to-ignore-drugged-nixon-711339.html>

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

werden. Der Anstieg des Meeresspiegels bedroht vor allem viele Regionen in Asien. Besonders betroffen sind hier die großen Flussdeltas, in denen mehr als 200 Millionen Menschen leben.⁴² Extreme Hitzewellen führen nach einem Bericht der Max-Planck-Gesellschaft vom 29. April 2016 dazu, dass Teile von Nordafrika und dem Nahen Osten unbewohnbar werden könnten. Mehr als 500 Millionen Menschen leben dort und sind bereits jetzt vom Klimawandel stark betroffen.⁴³

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. Die meisten dieser Flüchtlinge verlassen ihr Land nicht, sondern landen in Slums der Großstädte oder Auffanglagern.⁴⁴

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.

Damit werden auch die Gefahren steigen, die von Frühwarn- und Entscheidungssystemen ausgehen. Alarmmeldungen in derart angespannten Situationen werden eher ernst genommen und könnten zu einem Atomkrieg aus Versehen führen.

Derzeit gibt es keine Anzeichen, dass der Klimawandel und die globale Erderwärmung gestoppt werden. Im Gegenteil: neue Studien besagen, dass der Energiebedarf noch deutlich steigen wird. Dazu tragen auch Internettechnologien bei, wie z.B. Cloud-Computing und Krypto-Währungen.⁴⁵ Das Bitcoin-Netzwerk verbraucht in 6 Monaten so viel Strom wie das gesamte Dänemark in einem ganzen Jahr. Eine Überweisung mit Bitcoin verbraucht mehr Strom als 400.000 Kreditkarten-Zahlungen.⁴⁶

⁴² http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Meeresspiegelanstieg_in_Asien

⁴³ <https://www.mpg.de/10479763/klimafluechtlinge-naher-osten-nordafrika-klimawandel>

⁴⁴ Die Zeit Nr. 22, 24.5.2017, Seite 29

⁴⁵ <https://www.ethz.ch/de/news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2015/03/wieviel-strom-braucht-das-internet.html>

<https://www.swr.de/natuerlich/stromfresser-internet-wie-viel-energie-braucht-das-netz/-/id=100810/did=14939750/nid=100810/17wfi2i/index.html>

⁴⁶ Süddeutsche Zeitung vom 14.11.2018, Seite 16

9 Perspektiven

9.1 Risiken durch FWES und Nuklearstreitkräfte steigen

Unfälle in komplexen technischen Systemen lassen sich nicht grundsätzlich vermeiden. Dies zeigen auch die bisherigen schweren Unfälle in Kernkraftwerken. Obwohl solche Unfälle vorher als sehr unwahrscheinlich dargestellt wurden, sind sie doch passiert.

Die Gefahr, dass isoliert auftretende Fehler in einem Frühwarn- und Entscheidungssystem zu einem Atomkrieg führen, ist relativ gering, solange den handelnden Personen halbwegs vertraut werden kann. Doch wenn

- eine politische Krisen- oder Konfliktsituation vorliegt,
- mehrere Ereignisse gleichzeitig eintreten,
- Alarmierungsketten initiiert werden,
- die Zweitschlagfähigkeit gefährdet ist, also eine „launch on warning“-Strategie in Betracht gezogen wird,

dann ist die Gefahr, dass Fehler und Fehleinschätzungen einen Atomkrieg auslösen könnten, real und kann situationsbedingt sogar sehr hoch sein.

Diese Einschätzung von Gefahrensituationen galt auch in Zeiten des Kalten Krieges in den 1980er Jahren. Heute kommen weitere Gefahren hinzu:

- Angriffe durch Cyberattacken, die auf vielfältige Art möglich sind,
- KI-basierte Teilentscheidungen in einem FWES durch Expertensysteme,
- KI-basierte Vorhersagen eines Krieges.

Die Bewertung von Fehlalarmen wird dadurch erheblich schwieriger. Die Wahrscheinlichkeit, dass mehrere Ereignisse gleichzeitig eintreten, wird größer. Insbesondere kann es zwischen Cyberattacken einerseits und FWES und Nuklearstreitkräften andererseits Wechselwirkungen geben, die unvorhersehbar und unbeherrschbar sind.

Aufgrund des Klimawandels und dem damit verbundenen Druck durch Klimaflüchtlinge wird das Risiko für Krisensituationen drastisch steigen. Damit wachsen auch die Zeiträume, in denen Fehlalarme gefährlich sind und leicht falsch interpretiert werden können.

9.2 Keine Korrekturmöglichkeit bei einer Fehlentscheidung

In vielen Fällen kann nach eventuell 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 von Verbot von autonomen Waffen, z.B. Killerrobotern. Auch wenn jetzt ein solches Verbot nicht zu Stande kommt und autonome Waffen hergestellt und angewendet werden, kann nach einiger Zeit und einer gewissen „Anwendungserfahrung“ immer noch eine Vereinbarung zum Verbot solcher Waffen möglich sein und Nutzen bringen.

Beim Abwurf der beiden Atombomben 1945 durch die USA in Japan war damals von Anfang an klar, dass dies nicht eskalieren kann, denn zu diesem Zeitpunkt hatte nur die USA Atomwaffen und sie brauchten keinen Gegenschlag zu fürchten.

Wenn es heute z.B. in einer Krisensituation mit gegenseitigen Drohungen zu einem Fehllarm 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 ist und verhindert werden müsste, käme zu spät.

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

Die Atomwaffenarsenale werden deshalb zu einem immer größeren Risiko und unbeherrschbar. Als Ausweg bleibt eigentlich nur, dass sich auch die Atomwaffenstaaten dem Atomwaffenverbot der UN anschließen und alle Nuklearwaffen verschrotten. Dies fordert auch Gorbatschow 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.“ Er sagt weiter, dass Politiker, die glauben, Probleme mit militärischer Gewalt lösen zu können, von der Gesellschaft abgelehnt werden sollten und die politische Bühne räumen sollten. Er fordert aber auch die Zivilgesellschaft zu Protesten auf und betont, dass die Friedensbewegung in den 1980er Jahren eine wichtige Rolle für politisches Handeln gespielt hat

Dank

Wertvolle Hinweise zu aktuellen Quellen haben wir von Thomas Bläsius, Regina Hagen, Christoph Marischka, Markus Pflüger und Jürgen Wagner erhalten. Gaby Elenz, Konstantin Knorr, Anne Kress und Jürgen Wagner haben wichtige Anmerkungen und Hinweise auf Fehler geliefert. Sehr wertvoll waren auch die vielen Anmerkungen von Heinz Schlöder sowie die konstruktiven Diskussionen mit ihm. Allen Genannten und denen, die wir möglicherweise vergessen habe, möchte wir für die Unterstützung ganz herzlich danken.

Literatur

- [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
- [Bra83] P. Bracken: *The Command and Control of Nuclear Forces*. Yale University Press, 1983
- [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
- [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
- [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

-
- [Per92] Charles Perrow: Normale Katastrophen - Die unvermeidbaren Risiken der Großtechnik, Campus Verlag, 1992
- [Sch13] Eric Schlosser: Command and Control, Verlag C.H.Beck, 2013
- [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
- [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
- [Woo18] Bob Woodward: Furcht - Trump im Weissen Haus. Rowohlt Verlag, 2018