



GREENPEACE

Gefahr aus der Luft – Drohnenüberflüge bedrohen französische Atomanlagen

Risikoanalyse am Beispiel der AKW Fessenheim,
Cattenom und Gravelines

Kurzstudie von Dipl.-Physikerin Oda Becker
Erstellt im Auftrag von Greenpeace Deutschland e.V.
Vorwort von Heinz Smital, Greenpeace-Atomexperte

Veröffentlicht im November 2014

Impressum Greenpeace e.V., Hongkongstr. 10, 20457 Hamburg, Tel. 040/3 06 18-0 **Politische Vertretung Berlin** Marienstraße 19–20,
10117 Berlin, mail@greenpeace.de, www.greenpeace.de **V.i.S.d.P.** Susanne Neubronner **Fotos** Titel: Daniel Müller © Greenpeace
Stand 11/2014

Zur Deckung unserer Herstellungskosten bitten wir um eine Spende: GLS Gemeinschaftsbank eG, BLZ 430 609 67, KTO 33401

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier

Inhalt

1. Einleitung	4
2. Drohnen – Eine Gefahr für Atomanlagen?	6
3. Verwundbarkeit der älteren französischen Atomkraftwerke gegenüber Terrorangriffen	11
4. Szenarien eines terroristischen Angriffs auf ein Atomkraftwerk mit Beteiligung von Drohnen	14
4.1 Sprengstoffanschlag durch Innentäter unter Zuhilfenahme von Drohnen	14
4.2 Beschuss mit einer AT-14 mit Unterstützung von Drohnen	15
4.3 Terrorangriffe aus der Luft mit Unterstützung von Drohnen	18
5. Grenzen von Gegenmaßnahmen	21
6. Auswirkungen schwere Unfälle	23
7. Fazit	26
8. Fußnoten	28
9. Quellen	29

Vorwort

Der französische Energiekonzern Électricité de France (EdF) hat bekannt gegeben, dass seit dem 5. Oktober 2014 Drohnen über verschiedenen Atomanlagen in Frankreich beobachtet worden sein. Bis zum 20. November wurden 31 Überflüge über 15 Atomkraftwerken, drei Anlagen zur Kernbrennstoffverarbeitung und einem Atomforschungszentrum beobachtet. Bis zum jetzigen Zeitpunkt ist es den Sicherheitsbehörden nicht gelungen, die Überflüge zu verhindern oder die Hintergründe aufzudecken. Selbst nachdem Frankreichs Innenminister beteuerte, die Spezialeinheiten der Gendarmerie, die seit dem Jahr 2007 zur Überwachung der Nuklearanlagen eingesetzt sind, hätten inzwischen Order erhalten, die Flugobjekte „zu neutralisieren“, flogen mehrfach nicht identifizierte Drohnen über französische Atomanlagen. Ohne auf Spekulationen über die Hintergründe und Organisation der Drohnenüberflüge einzugehen, wird deutlich klar, welche große Sicherheitslücke für die Atomanlagen in der Unfähigkeit der Sicherungsbehörden besteht, diese Flüge aufzuklären oder zu verhindern.

In ihrer Kurzexpertise zeigt Diplomphysikerin Oda Becker auf, welche Gefahren mit diesen Überflügen verbunden sein können. Die möglichen Freisetzungen von Radioaktivität der grenznahen Atomkraftwerke in Fessenheim, Gravelines und Cattenom, die auch von Überflügen betroffen waren, betrifft nicht nur Frankreich, sondern ebenso Deutschland, Schweiz, Belgien, Luxemburg, Österreich, Italien und andere Länder.

Die denkbare Bedrohung durch terroristische Angriffe auf Atomanlagen offenbart auch eine prinzipielle Sicherheitslücke. Die deutsche Bundesregierung hat ihren Ausstieg aus der Atomenergie (2002) auch mit einer terroristischen Bedrohung der Atomanlagen begründet (BT-Drucks. 14/7840):

„Die jüngsten terroristischen Anschläge geben schließlich Anlass, die Nutzung der Atomenergie auch unter dem Gesichtspunkt der Gefahrenabwehr neu zu bewerten. Angriffe auf Atomkraftwerke lassen sich nicht ausschließen. Der Ausstieg aus der Atomenergie ist deshalb ein Beitrag dazu, die Bundesrepublik Deutschland gegen terroristische Angriffe besser zu schützen.

Diese Erwägungen führen zu einer neuen Bewertung der Atomenergie.“

Müsste ein Atomausstieg nicht deutlich schneller als bis Ende 2022 und europaweit durchgesetzt werden? Welche Garantien bezüglich Terrorangriffe können Atom-anlagenbetreiber und Aufsichtsbehörden geben? Die Verantwortlichen müssen handeln bevor ein Anschlag Teile Europas unbewohnbar macht.

Heinz Smital (Greenpeace e. V.)

1. Einleitung

In den letzten Wochen erregten eine Reihe von bisher nicht identifizierten Drohnen über französischen Atomkraftwerken die Aufmerksamkeit der Bevölkerung und Behörden. Der französische Stromkonzern und AKW-Betreiber Electricité de France (EdF) teilte Ende Oktober mit, dass seit dem 5. Oktober Drohnen über verschiedenen Atomanlagen beobachtet worden seien.

[TAGESSCHAU 2014].

Die Überflüge hatten sich entweder am späten Abend, in der Nacht oder am frühen Morgen zugetragen, wobei am 19. Oktober vier weit auseinanderliegende AKW und am Tag darauf drei andere Anlagen überflogen wurden, was auf eine gut koordinierte Aktion hinweist.

[NZZ 2014]

Laut Medienberichten sind die Drohnen teils nur 20 – 30 Zentimeter breit gewesen, teils aber auch zwei Meter und damit potenziell in der Lage, kleinere Sprengstoffmengen zu transportieren. Selbst nachdem Frankreichs Innenminister beteuerte, die Spezialeinheiten der Gendarmerie, die seit 2007 zur Überwachung der Nuklearanlagen eingesetzt sind, hätten inzwischen Order erhalten, die Flugobjekte „zu neutralisieren“, flogen mehrfach nicht identifizierte Drohnen über französische Atomanlagen. [BZ 2014]

Betroffen waren nicht nur Anlagen des Energiekonzerns EdF, sondern auch das CEA in Saclay und die Atomanlage La Hague des Konzerns Areva. Insgesamt 23 derartige Flüge sind bisher gezählt worden [GREENPEACE 2014].

An den verschiedenen Spekulationen über den Hintergrund der aktuellen Ereignisse wird sich nicht beteiligt. Gegenstand dieser Kurzexposition ist vielmehr die Frage, welche Gefahr mit derartigen Drohnenüberflügen verbunden ist – wenn diese von einer terroristisch motivierten Gruppe durchgeführt würden.

In Frankreich gibt es 58 Atomreaktoren an 19 Standorten. Einige davon erreichen in den nächsten Jahren eine Betriebszeit von 40 Jahren. Neben dem zukünftigen Fehlen von erfahrenem Fachpersonal durch die hohe Pensionierungsrate in den nächsten Jahren und der Alterung des Materials durch die hohe Beanspruchung über einen langen Zeitraum birgt vor allem der auslegungsbedingte ungenügende Schutz gegen Einwirkungen von außen ein Risikopotenzial, das zunehmend an

Bedeutung gewinnt. Aufgrund der aktuellen Lage soll im Folgenden exemplarisch für die Atomkraftwerke Fessenheim, Gravelines und Cattenom nahe der östlichen Grenzen Frankreichs zu Belgien, Luxemburg, Deutschland und der Schweiz untersucht werden, welches Risiko dort durch potenzielle Terrorangriffe besteht.

Seit den Terroranschlägen vom 11. September 2001 in den USA ist das Potenzial terroristischer Anschläge auf neuralgische Punkte stärker in den Fokus der Öffentlichkeit gerückt. Lange konzentrierte sich daraufhin die öffentliche Diskussion über die Bedrohung von Atomkraftwerken durch Terroranschläge vor allem auf Angriffe mit Verkehrsflugzeugen. Tatsächlich sind erheblich mehr Angriffsszenarien denkbar. Insbesondere die älteren französischen Atomkraftwerke (900 MW Klasse) sind durch eine große Bandbreite von möglichen Terroranschlägen bedroht, denn ihr Schutz gegen Einwirkungen von außen ist unzureichend. Außerdem weist ihre Auslegung zur Beherrschung von Störfällen – gemessen am heutigen Stand von Wissenschaft und Technik – Mängel auf.

Um abzuwägen, welche Gefahren mit Terrorangriffen verbunden sind, ist es erforderlich, beispielhafte Szenarien genauer zu beschreiben und die Wirkung der eingesetzten Mittel auf ein Atomkraftwerk abzuschätzen. Darauf hat grundsätzlich auch die Öffentlichkeit einen Anspruch.

Die Wahrscheinlichkeit eines terroristischen Angriffs kann mit den klassischen Methoden der Wahrscheinlichkeitsberechnung nicht bestimmt werden. Die Erfahrung zeigt aber: Hat sich eine terroristische Gruppe erst einmal zu einem bestimmten Angriff entschlossen, so ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie ihr Ziel erreichen, sehr hoch. Die Flugzeugentführer vom 11. September 2001 konnten sich ausreichende fliegerische Fähigkeiten aneignen, um ihr Ziel zu erreichen. Zudem gelang es ihnen, alle Flugzeuge wie geplant in ihre Gewalt zu bringen.

Hinweis

Bei der Diskussion zu den Gefahren möglicher Terroranschläge sollen keine Hinweise gegeben oder Überlegungen angestellt werden, die Anleitungscharakter haben und die bei der Planung und Durchführung eines Attentats „hilfreich“ sein könnten. Die Überlegungen und Szenarien der vorliegenden Expertise sind daher bewusst sehr zurückhaltend formuliert, sensitive Details werden vermieden. Terroristen, die von ihren Fähigkeiten, Kenntnissen und Ressourcen her grundsätzlich dazu in der Lage wären, wirksame Anschläge durchzuführen, werden nachfolgend keine Hinweise finden, die sie nicht ohnehin schon haben oder die sie sich beschaffen könnten. Bei der Darstellung der Szenarien und Resultate wurde jedoch auch darauf geachtet, dass durch die Zurückhaltung bei den Formulierungen das Verständnis und die Aussagekraft der Expertise nicht zu sehr beeinträchtigt werden.

2. Drohnen – Eine Gefahr für Atomanlagen?

Der Einsatz unbemannter militärischer Systeme (UMS) in bewaffneten Konflikten nimmt zu. Auch fliegende bewaffnete Systeme (Kampfdrohnen) kommen zum Einsatz, so zum Beispiel in Afghanistan, Pakistan oder im Jemen [ALWARDT 2013]. Im Folgenden soll abgeschätzt werden, ob derartige Systeme aktuell oder zukünftig eine Bedrohung für (französische) Atomkraftwerke sind bzw. sein werden.

Bei einer Drohne handelt es sich um ein Fluggerät, das keinen Piloten an Bord hat und daher entweder über weite Entfernungen ferngesteuert werden muss oder bei dem zuvor eine oder mehrere Flugrouten programmiert wurden. Grundsätzlich ist eine Drohne ein wiederverwendbares, unbemanntes Trägersystem, das mit Sensoren, aber auch mit Waffen bestückt werden kann. Andere geläufige Bezeichnungen für Drohnen sind unbemanntes Luftfahrzeug (engl: Unmanned Aerial Vehicle, UAV) oder unbemanntes Flugsystem (engl: Unmanned Aerial System, UAS). [ALWARDT 2013]

Militärische Drohnen gibt es in verschiedenen Größen. Die Dimensionen reichen von wenigen Zentimetern bis hin zur Größe von Verkehrsjets. Eine gängige Klassifizierung von Drohnen unterscheidet diese anhand der Flugdauer, der Reichweite und der Flughöhe in die Kategorien

- mini (1 Std / einige Kilometer / niedrig),
- taktisch (mehrere Std / < 300 km / niedrig bis mittel) und
- strategisch (> 20 Std / > 1000 km / mittel bis hoch). [ALWARDT 2013]

Schätzungen zufolge befinden sich zwar weltweit zurzeit 900 verschiedene Drohnentypen in der Entwicklung, bei der Mehrzahl handelt es sich aber um unbewaffnete Drohnen. Die meisten der heute im militärischen Einsatz befindlichen Drohnen werden für Aufklärungszwecke verwendet. Sensorkomplexe, bestehend aus optischen Sensoren, Infrarotkameras, Radar oder Sensoren zum Abhören des elektromagnetischen Signalspektrums erlauben die Aufnahme hochauflösender Luftbilder und die Übertragung von Livebildern durch Satelliten- oder Landfunkverbindungen, um das Geschehen am Boden in Echtzeit verfolgen zu können. [ALWARDT 2013]

Unbestritten ist allerdings, dass die Bedeutung von Drohnen als Instrument zur Aufklärung weiter zunehmen wird. In dieser Funktion hat die Drohnentechnologie in den letzten Jahrzehnten rasante Fortschritte gemacht. [CSS 2010] Die militärische Aufklärung beschafft und sammelt Informationen über potenzielle oder tatsächliche Gegner und wertet diese aus. Operative und taktische Aufklärung sowie die Gefechtsfeldaufklärung bilden die Grundlage für eigene militärische Operationen.

Zwei Beispiele für Drohnen, die zur Aufklärung eingesetzt werden: ALADIN ist eine Mini-Drohne, die in mehreren NATO-Ländern im operationellen Einsatz ist.¹ Mit dem ALADIN System werden detaillierte Überwachungs- und Aufklärungsinformationen in Echtzeit erhalten. Es ist ein tragbares System und benötigt keine Startbahn. Die Drohne hat eine Länge von 1,57 m und eine Flügelspannweite von 1,46 m. Das maximale Startgewicht beträgt 4 kg. [EMT 2014a]

LUNA ist ein unbemanntes Luftaufklärungssystem für Überwachung, Erkennung und Ortung in Echtzeit mit einer Reichweite von über 100 km und einer Flugdauer von über 6 Stunden. Durch das modulare Nutzlastkonzept kann LUNA zukünftig mit neuesten Nutzlasten ausgerüstet werden. Ein besonderes Leistungsmerkmal ist die Fähigkeit zu antriebslosen Gleitflügen und zum anschließenden Wiederanlassen des Motors. Das Fluggerät wird von einem leichten, geräuschlosen Seilfederkatapult gestartet, das für den Transport zusammenlegbar ist. [EMT 2014b]

Insbesondere die USA haben vor knapp einem Jahrzehnt damit begonnen, Aufklärungsdrohnen mit Waffen auszurüsten (z. B. *Predator*, *Reaper*) oder aber spezielle, bewaffnete Kampfdrohnen (*Unmanned Combat Aerial Vehicle*, *UCAV*) zu entwickeln und diese für gezielte Luft-Bodenangriffe einzusetzen. Dabei wurden Luft-Boden-Raketen (wie etwa die *Hellfire*) verwendet, die ursprünglich für Hubschrauber und Kampfbomber entwickelt worden waren.² Erstmals Kampfaufgaben übernahmen sie während des Kosovokriegs. Ausgestattet mit Laser-Zielmarkierern identifizierten sie potentielle Ziele, die daraufhin von bemannten Flugzeugen zerstört werden konnten. Die UCAV-Entwicklung geht in Richtung größerer Nutzlasten, höherer Geschwindigkeiten und besserer Stealth-Eigenschaften (d. h. sie sind für Radar nahezu unsichtbar). [ALWARDT 2013; CSS 2010]

Derartige bewaffnete Drohnensysteme benötigen allerdings – in Abhängigkeit von der gewünschten Reichweite und dem Einsatzrahmen – zusätzliche Infrastruktur. Für den Betrieb von Drohnen mit großer Reichweite müssen unter anderem ausgebaute Start- und Landepisten sowie Wartungs- und Ausrüstungseinrichtungen vorhanden sein. Auch kleinere taktische Drohnen benötigen Start- und Landevorrichtungen. Notwendig sind zudem zuverlässige Navigationssysteme sowie stabile Daten- und Kommunikationsverbindungen zur Führung der Drohnen. [ALWARDT 2013]

Daher ist insgesamt nicht davon auszugehen, dass zur Zeit terroristische Gruppierungen derartige große bewaffnete Drohnensysteme besitzen. In Zukunft kann es anders sein: die mögliche Weitergabe von Drohnen(systemen) an Terroristen oder Aufständische, die damit Anschläge gegen Ziele verüben könnten, die bisher außerhalb ihrer Möglichkeiten lagen, wird von Experten als Bedrohung angesehen. [ALWARDT 2013] Bisher existieren in der militärischen Anwendung kleinere, leicht transportierbare Drohnen, die „standardmäßig“ bewaffnet oder z. B. mit Explosionsmunition ausgestattet sind, nicht.³

Nach Ansicht von Experten ist ein erheblicher Entwicklungs- und Testaufwand nötig, um aus kommerziell erwerblichen Komponenten eine Drohne mit größerer Reichweite, Nutzlast, Flugstabilität und Steuerungseinrichtung zu bauen. [ALWARDT 2013]

Kleine zivile Minidrohnen sind schon jetzt in verschiedensten Ausführungen zu erwerben. Für die zivilen Drohnen wird meist als Bezeichnung Multicopter (z. B. Oktocopter) verwendet. Sie finden insbesondere im Bereich Luftaufnahmen verstärkten Einsatz. Die Einsatzmöglichkeiten sind aber vielfältig. Die deutsche Post nutzt Drohnen, die „Paketkopter“, um die Nordseeinsel Juist mit Medikamenten zu versorgen (Nutzlast 1,2 kg). [STERN 2014]

Analysen der Consumer Electronics Association (CEA) zufolge wird der globale Markt für zivile Drohnen im Jahr 2015 die 130 Millionen US-Dollar erreichen. Das ist eine Steigerung von 55 Prozent gegenüber 2014 und entspricht einer Stückzahl von voraussichtlich 400.000. Es wird erwartet, dass der Umsatz mit Drohnen in nur 5 Jahren die 1 Milliarde US-Dollar Marke erreicht. Laut CEA werden Drohnen unter anderem zum Schutz von Sportveranstaltungen oder zur Unterstützung von Such- und Rettungsmaßnahmen eingesetzt; viele weitere Einsatzbereiche sind denkbar. [BUSINESS 2014]

Zivile Drohnen, die einige Kilogramm Sprengstoff transportieren können, sind zwar selten, aber kommerziell bereits erhältlich.⁴ Die Drohne *HT-8 C180* z. B. kann eine Nutzlast von 2,6 kg transportieren, bei einer Geschwindigkeit von 55 km/h und einer Flugzeit von bis zu 20 Minuten [HEIGHTTECH 2014]. Der Hexacopter, ein Fluggerät mit 6 Armen und insgesamt 12 Motoren, kann Nutzlasten bis maximal 8 kg transportieren. Der Hersteller wirbt mit folgendem Slogan für den Verkauf von Drohnen: „*kleine Drohne – große Drohne, jedem seine eigene Drohne*“ [GENERALVIEW 2014]

In China wird die Gefahr derartiger Minidrohnen offenbar bereits heute bedacht: Nach Angaben der staatliche Nachrichtenagentur Xinhua hat China ein Laser-Abwehrsystem entwickelt, das zum Abschuss tief fliegender Drohnen gedacht ist. Dieses kann kleine unbemannte Fluggeräte in einem Umkreis von zwei Kilometern eliminieren. Der Abschuss erfolgt innerhalb von fünf Sekunden nachdem ein Ziel geortet wurde. Das System soll zum Schutz vor Terrorangriffen dienen. Laut Entwicklungsfirma ist es normalerweise Aufgabe von Scharfschützen und Hubschraubern, solche Drohnen abzufangen, aber ihre Erfolgsrate ist nicht hoch und mangelnde Genauigkeit kann zu ungewollten Schäden führen; jedoch seien unbemannte Drohnen relativ billig und leicht zu nutzen, was sie für Terroristen attraktiv mache. [PICHLER 2014]

Angriffsszenarien

Im Rahmen eines terroristischen Angriffsszenarios, z. B. unter Beteiligung von Innentätern, kann eine erhebliche Gefahr von mit Sprengstoff beladenen Drohnen ausgehen (siehe Kapitel 4.1)

Eine direkte Gefahr für die Sicherheit eines Atomkraftwerks ist von einer Drohne – sofern sie mit einer geringen Menge Sprengstoff an einer beliebigen Stelle des Atomkraftwerks zum Absturz gebracht wird – theoretisch nicht zu erwarten. Der Absturz mehrerer Drohnen mit einigen Kilo Sprengstoff könnte ein Atomkraftwerk jedoch in eine gefährliche Situation bringen. Zwar wird vermutlich eine derartige Situation von den Sicherheitssystemen des Atomkraftwerks bzw. den Notfallmaßnahmen beherrscht. Vermutlich kann aber niemand mit hundertprozentiger Sicherheit dafür garantieren, dass in Folge einer derartigen Attacke keine radioaktiven Stoffe freigesetzt werden. Insbesondere da die älteren französischen Atomkraftwerke nicht nur verwundbar gegen externe Einwirkungen sind, sondern zudem Auslegungsmängel in der Störfallbeherrschung aufweisen (siehe Kapitel 3).

Es erscheint nicht unmöglich, mit Sprengstoff beladenen Drohnen die externe Stromversorgung und wesentliche Komponenten der Eigenbedarfs- und Notstromversorgung zu zerstören sowie weitere Komponenten oder Systemteile zu beschädigen.

Erfolgt z. B. eine Zerstörung der externen Stromversorgung mit Sprengladungen, kann diese nicht ausreichend schnell wieder hergestellt werden. Falls die Umstellung auf Eigenbedarf misslingt und die Notstromversorgung durch den Angriff oder aufgrund von davon unabhängigen Fehlern ebenfalls ausfällt, müsste die Betriebsmannschaft mit mobilen Geräten eine Stromversorgung für die Kühlung des Brennstoffs im Reaktorkern und im Lagerbecken herstellen.

In bestimmten Betriebssituationen (Brennelementwechsel) steht nur ein relativ kurzer Zeitraum von wenigen Stunden für eine Intervention zur Verfügung. Sollte es gleichzeitig an mehreren Stellen auf dem Anlagengelände brennen, könnte die Betriebsmannschaft überfordert sein und möglicherweise radioaktive Freisetzungen nicht vollständig verhindern können. Die Eingreiftruppe (FARN) zur Unterstützung der Betriebsmannschaft muss erst 24 Stunden nach Unfallbeginn einsatzbereit zu sein.⁵

Ein Kurzschluss/Brand in einem Trafo kann unerwartete Auswirkungen haben: In Folge eines Transformatorbrandes 2007 im deutschen AKW Krümmel verursachten eine Reihe unerwarteter technischer und organisatorischer Pannen einen Abfall des Kühlmittels im Reaktordruckbehälter. Auch für die Atomkraftwerke Fessenheim, Gravelines oder Cattenom ist aufgrund der bisherigen Betriebserfahrungen zu befürchten, dass Ausfälle von Systemen oder Komponenten die Unfallsituation verschärfen.

Mit kleineren Sprengstoffmengen bestückte Drohnen könnten auch gegen die Betriebsmannschaft und das Sicherungspersonal eingesetzt werden und dabei Terrorangriffe aus der Luft von Wasser und Boden unterstützen.

Zusätzlich geht von derartigen Minidrohnen eine Gefahr aus, sollten diese wie in der militärischen Anwendung der „Aufklärung“ dienen. Die Drohnen können detailliertes Bildmaterial des Geländes, aber auch der Ressourcen und Strategien der Sicherungskräfte liefern. Dadurch könnte die Wahrscheinlichkeit eines erfolgreichen Angriffs erheblich gesteigert werden und so diesen für eine terroristische Gruppe „attraktiver“ machen.

Es soll hier nicht spekuliert werden, welche Personen aus welchem Motiv die aktuellen Drohnenüberflüge geplant und durchgeführt haben. Hier soll vielmehr ausgehend von der These, dass eine terroristisch oder kriminell motivierte Gruppe dafür verantwortlich ist, der Frage nachgegangen werden, ob diese Drohnenüberflüge eine Gefahr darstellen.

Zielsetzung dieser Kurzexpose ist es, zu untersuchen, ob Terrorszenarien denkbar sind, in deren Folge ein Kernschmelzunfall nahezu unwiderruflich eintritt, der Angriff also Schäden hervorruft, bei denen Interventionsmaßnahmen zur Verhinderung einer radioaktiven Freisetzung unmöglich sind.

Angesichts der Faktenlage zur Verfügbarkeit und Einsatzmöglichkeiten der Drohnen und unter Berücksichtigung der Verwundbarkeit der französischen Atomkraftwerke scheinen drei grundsätzliche Varianten am plausibelsten:

- Ein Sprengstoffanschlag durch sogenannte Innentäter soll unterstützt werden. Dazu werden erfolgreiche Anflüge mit Drohnen geprobt.
- Ein potenzieller Angriff aus der Luft soll vorbereitet werden. Dazu sollen insbesondere die Wirksamkeit der Abwehrmaßnahmen an den Atomkraftwerken überprüft werden, und gleichzeitig Details des Geländes und der Sicherungsmaßnahmen ausspioniert werden.
- Ein potenzieller Bodenangriff soll vorbereitet werden. Dazu werden einerseits Geländedaten aufgenommen und andererseits die aktuellen Sicherungsmaßnahmen (Stärke des Personals, Reaktionsweisen und -zeiten etc.) aufgezeichnet.

Diese drei Varianten werden im Kapitel 4 diskutiert.

Die große Anzahl der Überflüge kommt einer Machtdemonstration der dafür Verantwortlichen gleich. Über das Ziel lässt sich nur spekulieren. Die Vielzahl der überflogenen Atomanlagen könnte z. B. eine großflächige Verteilung der Aufmerksamkeit bezwecken und von dem bereits gewählten Angriffsziel ablenken. Möglicherweise wird damit auch das einfachste Ziel ausgekundschaftet.

Denkbar ist auch, dass nach dieser Machtdemonstration eine sehr ernst zu nehmende Drohung einer terroristischen oder kriminellen Gruppe erfolgt. Frankreich, das von seinen Atomkraftwerken abhängig ist, könnte in eine Zwangslage geraten. Frankreich bezieht heutzutage noch rund drei Viertel seines Stroms aus Atomkraft, der Anteil soll nach jetzigen Plänen auch im Jahr 2025 noch 50 Prozent betragen.

Ein Atomkraftwerk könnte einer terroristischen Gruppe nicht nur wegen der unmittelbaren Wirkung auf die Elektrizitätserzeugung, sondern auch wegen des Symbolcharakters und der weltweiten Aufmerksamkeit als Angriffsziel attraktiv erscheinen: Atomenergie wird als Inbegriff technologischer Entwicklung gesehen. Es handelt sich darüber hinaus um eine Technik mit zivil/militärischem Doppelcharakter, zudem ist ein erfolgreicher Angriff auf ein Atomkraftwerk in einem Land gleichzeitig ein Angriff auf alle Atomkraftwerke der Welt.

3. Verwundbarkeit der älteren französischen Atomkraftwerke gegenüber Terrorangriffen

In Frankreich werden insgesamt 58 Druckwasserreaktoren an 19 AKW-Standorten betrieben. Sie werden in drei Klassen unterschieden (siehe Anhang A1).

Das AKW *Fessenheim* gehört zur 900 MW Klasse (Model CPO) und ist das älteste noch in Betrieb befindliche AKW in Frankreich (Betriebsstart war 1978). Das AKW liegt nah der deutsch-französischen Grenze und etwa 30 km von Freiburg entfernt.

Das AKW *Gravelines* ist das größte AKW in Frankreich und umfasst sechs Reaktoren, die alle zu der 900 MW Klasse (Model CP1) gehören. Die Reaktoren 1 – 4 gingen 1980/81 in Betrieb, die Reaktoren 5 und 6 folgten 1985. Das AKW liegt an der französischen Küste zwischen Calais und Dünkirchen.

Das AKW *Cattenom* umfasst vier Reaktoren, die zur 1300 MW Klasse (Model P4') gehören. Der Betrieb der Reaktoren begann zwischen 1987 und 1992. Das AKW liegt an der Mosel, etwa 9 km von der Grenze zu Luxemburg und nahe der deutschen Stadt Trier.

Reaktorgebäude

Die Reaktoren der Atomkraftwerke Fessenheim und Gravelines sind besonders verwundbar gegen externe Einwirkungen: Der Reaktorkern wird nur von einem relativ dünnwandigen Containment (Stärke: 90 cm) umgeben. Diese Auslegung entspricht nicht mehr dem heutigen Stand von Wissenschaft und Technik. Für Neubauprojekte wird eine Gebäudestärke von rund 2 Meter für erforderlich gehalten

Das Containment umschließt den Primärkreislauf und den Reaktordruckbehälter, der den Brennstoff enthält. Es soll zum einen verhindern, dass die radioaktiven Stoffe (etwa bei einem Kühlmittelverlust) in die Atmosphäre gelangen und zum anderen einen Schutz vor Einwirkungen von außen gewährleisten.

Die Reaktoren des AKW Cattenom sind zwar besser, aber dennoch nicht ausreichend gegen Einwirkungen von außen geschützt. Die Reaktoren sind mit einem doppelwandigen Containment ausgestattet, jedoch ebenfalls von geringer Wandstärke (90 cm).⁶

Lagergebäude für abgebrannte Brennelemente

Die abgebrannten Brennelemente werden nach Entladung aus dem Reaktorkern im Lagerbecken für mindestens 2 – 3 Jahre aufbewahrt. Dieses Lagerbecken befindet sich in einem separaten Gebäude, das nur ungenügend gegen externe Einwirkungen geschützt ist. Laut Aufsichtsbehörde ASN haben diese Gebäude an allen Standorten ein dünnes Metaldach und Betonwände mit einer geringen Stärke (30 cm) [ASN 2011]. Bauliche Details zum Gebäude für abgebrannte Brennelemente sind nicht verfügbar. [LARGE 2012]

Auslegungsdefizite

Zurzeit existieren zahlreiche bekannte Defizite in den französischen Atomkraftwerken nicht nur gegen Terrorangriffe, sondern auch gegen Erdbeben und Hochwasser. Gleichzeitig ist bekannt, dass die Maßnahmen fehlen, einen schweren Unfall zu bewältigen, insbesondere wenn dieser mehrere Blöcke am Standort gleichzeitig oder das Brennelementlagerbecken betrifft.

Insbesondere die alten Atomkraftwerke mit den Reaktoren der 900 MW Klasse, aber auch der 1300 MW Klasse, weisen eine Reihe von Auslegungsdefiziten auf, die sowohl die Angriffsmöglichkeiten als auch den potenziellen „Erfolg“ eines Terrorangriffs erhöhen. Dieses soll im Folgenden am Beispiel eines Ausfalls der gesamten elektrischen Energieversorgung (Station Black-out, SBO) im AKW Fessenheim verdeutlicht werden:

Die elektrische Energieversorgung der Anlage Fessenheim umfasst einen Hauptnetz- und einen Reservenetzanschluss. Bei einem Verlust der externen Netzanbindung soll die elektrische Energieversorgung über den Blockgenerator (Eigenbedarf) sichergestellt werden. Sollte die Versorgung über Eigenbedarf ebenfalls ausfallen, kommt es zu einer automatischen Schnel- labtschaltung des Reaktors. Weiterhin wird automatisch der Start der beiden Notstromdiesel zur Versorgung der sicherheitstechnisch erforderlichen Systeme mit elektrischer Energie ausgelöst. Ein Notstromdiesel wäre ausreichend, um die zur Beherrschung erforderlichen Systeme mit elektrischer Energie zu versorgen.⁷

Im Notstromfall fällt die betriebliche Bespeisung der Dampferzeuger aus, daher soll automatisch das Notspeisesystems (ASG) starten. Die Frischdampfabgabe soll über die Frischdampf- abblaseventile (VCD-a) an die Atmosphäre erfolgen. Die primärseitige Druckhaltung und die Sperrwasserversorgung der Hauptkühlmittelpumpen sowie die beim Abfahren erforderliche Aufborierung soll über das Volumenregel- und Chemikalieneinspeisesystem (RCV) sicher- gestellt werden. [ÖKO-INSTITUT 2012]

Die Notstromversorgung weist einen geringeren Redundanzgrad als z. B. jene von deutschen Atomkraftwerken auf und ist daher fehleranfällig. Darüber hinaus greifen alle Stränge des Notspeisesystems bzw. des Not- und Nachkühlsystems jeweils auf einen einzigen Vorrats- behälter pro Block zurück – eine sicherheitstechnisch besonders relevante Schwachstelle. [ÖKO-INSTITUT 2012]

Aufgrund dieser auslegungsbedingter Defizite und aufgrund von zu erwartenden System- und Komponentenausfälle (z. B. alterungsbedingt und wegen mangelhafter Sicherheits- kultur) kann weder eine störungsfreie Notstromversorgung noch ein anforderungsgerechtes Funktionieren aller erforderlichen Systeme als garantiert angesehen werden.

Im Falle eines vollständig geöffneten Reaktordruckbehälters während des Brennelement- wechselfs und dem gleichzeitigen Verlust der gesamten Stromversorgung in beiden Blöcken droht eine Kernfreilegung bereits nach einigen Stunden.

Aufgrund der vorhandenen Defizite und der kurzen Interventionszeiten fordert die franzö- sische Aufsichtsbehörde ASN die Nachrüstung eines „Hardened Safety Core“.⁸ Diese Nach- rüstungen sollen aber erst bis 2018 abgeschlossen sein, für eine Übergangszeit ist lediglich die Bereitstellung kleinerer Dieselaggregate zur Stützung der Batterieversorgung vorgesehen. [ÖKO-INSTITUT 2012]

Insofern droht mindestens noch bis 2018 eine gefährliche Situation bei Ausfall der gesamten elektrischen Energieversorgung beider Blöcke.

Weitere Defizite des AKW Fessenheim sind u.a. [ÖKO-INSTITUT 2012]:

- Maßnahmen zur Gewährleistung der Beckenintegrität, u.a. bei Einwirkungen von außen, sowie zum Erhalt des Wasserinventars im Becken (Vermeidung von Wasserverlusten infolge von Lecks angrenzender Rohrleitungen) sind bisher nicht vorhanden.
- Durch die Positionierung der sicherheitstechnischen Systeme auf einem Niveau weit unterhalb des Rheinseitenkanals besteht eine potenzielle Überflutungsgefahr für das gesamte Anlagengelände.

Sicherheitskultur

Zudem gibt es Hinweise, dass die Sicherheitskultur in den französischen Atomkraftwerken unzureichend ist: Im August 2011 fand die Aufsichtsbehörde ASN im AKW Cattenom bei stichprobenartigen Tests 35 Mängel bei sicherheitsrelevanten Komponenten. Die Vielzahl und die sicherheitstechnische Bedeutung der Mängel lässt auf kein sehr ausgeprägtes Sicher-

heitsbewusstsein des Betreibers schließen [MAJER 2012]. Insofern muss davon ausgegangen werden, dass in jedem Atomkraftwerk eine Menge unerkannter Mängel vorhanden sind, die im Falle eines Störfalls zu Funktionsausfällen von Komponenten oder Systemen führen. Weiterhin wird die Durchführung von Terrorangriffen unter Beteiligung von Innentätern durch eine unzureichende Sicherheitskultur begünstigt.

4. Szenarien eines terroristischen Angriffs auf ein Atomkraftwerk mit Beteiligung von Drohnen

4.1 Sprengstoffanschlag durch Innentäter unter Zuhilfenahme von Drohnen

Innentäter stellen für Atomkraftwerke eine mindestens ebenso große Bedrohung dar wie terroristische Angriffe von außen. Die Bedrohung durch Innentäter findet deshalb in der internationalen Fachdiskussion große Beachtung. Ein Experte wies auf der internationalen Fachkonferenz NUSEC⁹ darauf hin, dass das Gefährlichste an Innentätern ihr Wissen sei – dieses hätten sie stets bei sich, es gäbe keine Kontrolle darüber. [HONELLIO 2005]

Durch sogenannte Zuverlässigkeitsprüfungen soll die Einstellung von Innentätern in Atomkraftwerken verhindert werden. Diese Prüfungen erschweren das Einschleusen von Innentätern in Atomkraftwerke, verhindern es aber nicht vollständig. Erst kürzlich wurde bekannt, dass ein belgischer Dschihadist (Ilyass Boughalab) drei Jahre als Techniker für Vincotte Wilrijk arbeitete, bevor er im November 2012 nach Syrien ging. In dieser Funktion hatte er Zugang zum Sicherheitsbereich des AKW Doel. [BRUSSELS 2014]

Der bestehende Fachkräftemangel und der verstärkte Einsatz von Fremdfirmen erhöht für Terroristen die Chance, in einem Atomkraftwerk zumindest kurzfristig tätig zu werden. Ist es einem potenziellen Attentäter erst einmal gelungen, einen Arbeitsplatz im Atomkraftwerk zu erhalten, kann dieser weitere Innentäter anwerben – sei es durch ideologische Überzeugung, Bestechung oder Erpressung.

Eine der wichtigsten Schutzmaßnahmen gegen Eingriffe von Innentätern ist das Vier-Augen-Prinzip. Dieses ist aber immer dann wirkungslos, wenn es mehrere Innentäter gibt. Es kann aber durch Unachtsamkeit, Schlamperei oder allgemein durch eine schlechte Sicherheitskultur unterwandert werden.

Eingriffsmöglichkeiten von Innentätern sind zum einen Sabotagehandlungen, z. B. an sicherheitsrelevanten Ventilen bei Reparatur- oder Wartungsarbeiten. Ein derartiger Vorfall ereignete sich offenbar Anfang August im belgischen AKW Doel, als Block 4 ungeplant herunterfahren musste, da 90.000 Liter Öl im Bereich der Dampfturbinen austraten. Die Anti-Terrorbehörde OCAD untersucht diesen Fall [FLANDERS 2014].

„Wirkungsvolle“ Szenarien von Innentätern sind vielfältig, am einfachsten realisierbar erscheinen Sprengstoffanschläge. Besonders gefährlich sind dabei Anschläge, bei denen Sprengstoff gezielt an neuralgischen Punkten der Anlage angebracht wird. Bereits kleine Sprengstoffmengen (in der Größenordnung von einigen Kilogramm) könnten so einen Kernschmelzunfall mit gravierenden radioaktiven Freisetzungen auslösen.

Bei einem Terror-Angriff unter Beteiligung von Innentätern ist damit zu rechnen, dass er innerhalb weniger Minuten „erfolgreich“ abgeschlossen ist. Es muss bezweifelt werden, dass das Sicherungspersonal eines Atomkraftwerks in der Lage ist, einen gut vorbereiteten Anschlag zu verhindern. Mitglieder des Sicherungspersonals könnten zudem als Innentäter involviert sein. Denkbar ist beispielsweise, dass diese Waffen bzw. Sprengmittel in Gebäude schmuggeln oder beim Einschmuggeln helfen.

Denkbar ist, dass Drohnen zur Unterstützung eines Sprengstoffanschlags eingesetzt werden. Denkbar wäre, dass mehrere Drohnen den Sprengstoff „anliefern“. Abschätzungen zeigen, dass für informierte Innentäter weniger als 10 kg Sprengstoff ausreichen, um einen Kern-

schmelzunfall auszulösen. Diese Menge kann mit einigen Drohnen problemlos angeliefert werden, da sowohl ihre Nutzlast ausreichend ist als auch offenbar das ungestörte Überfliegen von Atomanlagen möglich ist. Es ist nicht auszuschließen, dass mit den Drohnenüberflügen in den letzten Wochen, derartige Anflüge erfolgreich geübt wurden.

Zudem könnten Drohnen diesen Angriff durch eine Überwachung aus der Luft unterstützen und ggf. mit kleineren Sprengladung oder ähnlichem das Sicherheitspersonal angreifen.

4.2 Beschuss mit einer AT-14 mit Unterstützung von Drohnen

In einer Studie im Auftrag von Greenpeace Deutschland e.V. wurde 2010 die Wirkung untersucht, die der Beschuss eines älteren deutschen Atomkraftwerks mit einer tragbaren panzerbrechenden Lenkwaffe haben könnte. Aufgrund der Leistungsdaten und der möglichen Verbreitung wurde die AT-14 (Kornet E)¹⁰ ausgewählt. Von dieser Waffe können – zusätzlich zu den Hohlladungsgefechtsköpfen – auch thermobarische Gefechtsköpfe abgefeuert werden, die durch den Einsatz brennbarer Substanzen einen großen zerstörenden Effekt haben.

[BECKER 2010]

Panzerabwehrlenkwaffen

Verbesserte Panzerungstechniken und Zusatzpanzerungen bei Kampffahrzeugen führten zu immer neuen und verbesserten tragbaren, schultergestützten Panzerabwehrlenkwaffen (ATGW = Anti-tank guided weapon). Vor allem der Wirkungsgrad der Gefechtsköpfe stieg in den letzten Jahrzehnten sprunghaft an. Verwendet werden Hohlladungsgefechtsköpfe, für einige Waffensysteme wurden zusätzlich thermobarische Gefechtsköpfe entwickelt.

Moderne panzerbrechende Waffen könnten auch gegen Atomkraftwerke gerichtet werden – je effektiver die Waffen sind, je folgenreicher könnte solch ein Angriff sein. Die Steigerung der Leistungsparameter der Waffensysteme zieht dementsprechend eine potenziell stärkere Gefährdung der Atomkraftwerke nach sich.

Die technische Möglichkeit einer schnellen Schussfolge und einer guten Nachladbarkeit vereinfachen einen Angriff und ermöglichen einen mehrfachen Zielbeschuss. Auch das geringere Gewicht und die leichtere Bedienbarkeit der modernen Waffensysteme vereinfachen die Handhabung und damit einen Angriff. [BECKER 2005]

Tragbare panzerbrechende Waffen sind auf dem Schwarzmarkt in großer Zahl vertreten, denn: Sie sind einfach zu transportieren und zu verbergen, vor allem aber sind sie wirkungsvoll gegen verschiedene Ziele einsetzbar.

Die AT-14

Die AT-14 ist eine tragbare panzerbrechende Lenkwaffe (ATGW) der dritten Generation – ein von der russischen Firma KBP für den Einsatz gegen schwere Panzer entwickeltes Waffensystem (Reichweite: 100 bis 5.500 Meter). Der Standard-Gefechtskopf ist eine Tandemhohlladung, die 1,2 m homogenen Panzerstahl oder etwa 3 m Stahlbeton durchdringen kann. Neben dem Tandemhohlladungs-Gefechtskopf existiert ein thermobarischer Gefechtskopf zum Einsatz gegen Weichziele und Befestigungen. Die Explosionskraft dieses Gefechtskopfs entspricht (laut Hersteller) der Explosionskraft von 10 Kilogramm Sprengstoff (TNT).

Die Lenkrakete wird unmittelbar aus ihrem Transport- und Abschussbehälter gestartet. Das ermöglicht eine sehr schnelle Feuerbereitschaft und eine relativ schnelle Schussfolge (Ladegeschwindigkeit 30 s). Die dreibeinige Abschusseinrichtung ist zusätzlich zur Tageslichtzieloptik mit einem Wärmebildgerät ausgestattet, das eine Zielerfassung bei Nacht erlaubt. Es ist möglich, von einem Zielgerät zwei Abschussvorrichtungen gleichzeitig anzusteuern und

dadurch ein Ziel simultan mit zwei Raketen anzugreifen [ARMY 2014].

Es muss insgesamt davon ausgegangen werden, dass es potenziellen Attentätern möglich wäre, durch illegale Waffenbeschaffung an AT-14 inklusive der zugehörigen Komponenten zu gelangen. Thermobarische Gefechtsköpfe wurden möglicherweise bereits vereinzelt von Terroristen eingesetzt – aber das konnte bisher nicht hundertprozentig belegt werden.

Die AT-14 wird weltweit verkauft. 1994 wurden erste einsatzfähige Systeme an die russischen Streitkräfte ausgeliefert. Auf der Waffenmesse IDEF-2009 in Istanbul erwies sich dieses Waffensystem als einer der „größten Hits“. [NOVOSTI 2007a,b; 2009]. Das Waffensystem wurde inzwischen in eine Vielzahl von Ländern¹¹ exportiert [ARMY 2014]. Je mehr dieser Waffensysteme weltweit im Umlauf sind, desto einfacher wird es für Terrororganisationen, an diese Waffen zu gelangen. In diesem Kontext ist auch relevant, dass die irakische Armee diese Waffe kürzlich gegen die extremistische Gruppierung Islamischer Staat (IS) in der irakischen Provinz Diyala eingesetzt hat. [NOVOSTI 2014]

Wirkung Hohlladungsgefechtskopf: Ein Hohlladungsgefechtskopf besteht aus einem hohlen und mit Sprengstoff ummantelten Metallkegel. Beim Aufprall auf das Ziel wird der Sprengstoff gezündet. Der sich bildende Metallstrahl (Hohlladungsstachel) trifft mit sehr hoher Geschwindigkeit (mehrere Tausend Meter pro Sekunde) auf das Ziel. Gefechtsköpfe von Waffensystemen der dritten Generation sind bereits in der Lage, rund einen Meter dicken Panzerstahl oder eine etwa drei Meter dicke Stahlbetonwand zu durchschlagen.

Wirkung thermobarischer Gefechtskopf: Die Wirkung thermobarischer Waffen oder Aerosolbomben (FAE = Fuel-Air Explosive) beruht auf der Zündung einer in der Luft verteilten brennbaren Substanz.¹² Ein thermobarischer Gefechtskopf besteht aus einem Behälter, der eine brennbare Substanz enthält. Zur Zündung werden zwei Sprengladungen verwendet: Die erste Sprengung verteilt den Brennstoff fein in der Luft, ein Brennstoff-Luft-Gemisch, ein Aerosol, entsteht. Wenige Zehntelsekunden später zündet die zweite Sprengladung die Aerosolwolke. Die Verpuffung erfolgt fast zeitgleich in einer Kugel mit einem Durchmesser von 10 bis 40 Metern.

Die Hauptwirkung thermobarischer Gefechtsköpfe wird durch die bei der Verpuffung entstehende Druckwelle erzeugt, sie zerstört Gebäude und Ausrüstungen. Die Druckwirkung hält wesentlich länger an als bei konventionellem Sprengstoff. Der Überdruck der Detonation kann drei Megapascal (30 bar) erreichen. Außerhalb der Wolke bewegt sich die Explosionsdruckwelle mit über drei Kilometern pro Sekunde. Zudem haben Aerosolbomben eine wesentlich stärkere Hitzewirkung als konventionelle Sprengladungen. Die Temperatur kann 2.500 bis 3.000 Grad Celsius betragen. Weiterer Schaden wird durch die Vakuumwirkung erzeugt: Die Explosion entzieht der Luft Sauerstoff, dadurch entsteht ein starker Unterdruck, der bewegliche Gegenstände anzieht und so zu weiteren Zerstörungen führt. Werden befestigte Räume, z.B. Bunker, beschossen, kann der Brennstoff in diese eindringen und dort erhebliche Zerstörung anrichten. [EC 2014; FAS 2014]

Angriffsszenario

Vor einigen Jahren fanden Beschusstests in Russland statt, mit ihnen wurde – in einem Modellaufbau – die Verwundbarkeit eines neuen Reaktortyps (vierte Generation) gegenüber modernen Waffensystemen untersucht. Als Waffensystem wurde u.a. die AT-14 eingesetzt. Das Fazit: Mit dem Angriffsszenario der Beschusstests könnte ein Kernschmelzunfall verursacht werden. [BECKER 2010]

Im Folgenden soll ein mögliches Angriffsszenario für einen Beschuss mit dem Waffensystem

AT-14 dargestellt werden. Es ist nicht beabsichtigt, die „wirkungsvollste“ Vorgehensweise zu beschreiben, sondern auf die grundsätzliche Möglichkeit und die Gefahr eines derartigen Anschlags hinzuweisen.

In Analogie zum russischen Beschusstest wird angenommen, dass zwei Gruppen von Angreifern mit jeweils mindestens zwei Personen den Angriff verüben. Die Terroristen befinden sich zu Beginn des Angriffs in einer versteckten Position in einigen 100 bis 1000 Metern Entfernung zum Reaktor mit freier Sicht auf einen kleinen Bereich des Gebäudes. Beide Gruppen würden simultan Hohlladungsgeschosse in mehreren Doppelsalven abfeuern. Anschließend würden mehrere thermobarische Gefechtsköpfe verschossen werden. Mithilfe eines Zielgeräts würde der gleiche Zielbereich anvisiert werden. Die Hohlladungsgeschosse könnten problemlos die Stahlbetonwand des äußeren Containments durchdringen, da die Wandstärke nur 90 Zentimeter beträgt. Der Hohlladungstachel verlöre dabei etwa ein Drittel seiner Energie, sodass er anschließend – zumindest in bestimmten Bereichen – einzelne sicherheitstechnisch relevante Komponenten zerstören könnte. Da diese Schäden aber lokal relativ begrenzt blieben, sollte dieses Ereignis von den Sicherheitssystemen des Atomkraftwerks beherrscht werden können.¹³ Wegen der Störanfälligkeit der älteren Atomkraftwerke und der Schwächen in der Störfallbeherrschung kann aber auch ein schwerer Unfall nicht vollständig ausgeschlossen werden. Jedes Hohlladungsgeschoss würde auf der Außenseite des Containments nur ein sehr kleines Durchschussloch erzeugen. Aber auf der Innenseite würde sich der Beton kreisförmig um das Einschussloch herauslösen. Wegen der hohen Zielgenauigkeit kann davon ausgegangen werden, dass nach einem mehrfachen Beschuss desselben Zielbereichs eine kleine Öffnung sowie Risse in diesem kleinen Wandbereich entstünden. Durch diese Öffnung würde das Aerosol eines thermobarischen Gefechtskopfs in das Innere des Reaktorgebäudes gedrückt werden. Durch die Wirkung der ersten thermobarischen Gefechtsköpfe würde die Öffnung in dem vorgeschädigten Wandbereich vergrößert werden. Die Zerstörungskraft der folgenden thermobarischen Gefechtsköpfe würde sich dann weit in den Sicherheitsbehälter hinein entfalten können. Die Druckwelle würde viele sicherheitsrelevante Komponenten zerstören. Aufgrund der Hitzewirkung verlören Sensoren und Steuerleitungen ihre Funktion. In jedem Fall wirken thermobarische Explosionen großflächig, sodass mehrere Redundanzen zugleich beeinträchtigt würden. Die erforderliche Kühlung des Reaktorkerns würde mit großer Wahrscheinlichkeit komplett ausfallen und ließe sich zudem nicht kurzfristig wieder herstellen. Ein Kernschmelzunfall wäre dann nahezu unvermeidbar. Da der Sicherheitsbehälter (Containment) ein Leck aufweisen würde – das Einschussloch –, würde der gefährlichste Unfall resultieren: Eine Kernschmelze bei offenem Containment.

Fazit

Aus den Ergebnissen der russischen Beschusstests lassen sich Rückschlüsse auf die potenziellen Auswirkungen eines derartigen Beschusses auf ein französisches Atomkraftwerk ziehen. Der externe Schutz der Reaktoren in Fessenheim und Gravelines (wie bei allen 34 älteren Atomkraftwerken mit Reaktoren der 900 MW Klasse) ist relativ gering. Gleichzeitig wäre ein mehrfacher Beschuss mit dem Waffensystem AT-14 aus mehreren hundert Metern Entfernung möglich. Ein solcher Angriff könnte, sofern auch thermobarische Gefechtsköpfe eingesetzt werden, einen Kernschmelzunfall mit erheblichen radioaktiven Freisetzungen verursachen.

Das Gebäude zur Lagerung der Brennelemente würde bei einem derartigen Beschussszenario

ebenfalls großen Schaden nehmen. Es muss davon ausgegangen werden, dass infolge des Beschusses das Kühlwasser aus dem Lagerbecken ausläuft und sich zudem eine Kühlung nicht ausreichend schnell wieder herstellen lässt. Resultat: ein schwerer Unfall mit hohen radioaktiven Freisetzungen (siehe Kapitel 6).

Drohnen können diesen Angriff sowohl in der Vorbereitung als auch während der Durchführung unterstützen. So können zum einen im Vorfeld durch das detaillierte Bildmaterial der Drohnen geeignete Standorte für dieses Beschussszenario ausgewählt werden und das Sicherungspersonal (Routinen, Material, Kommunikationsmittel etc.) ausgeforscht werden. Während des Angriffs bestünde durch die Drohnen die Möglichkeit, das Sicherungspersonal mit kleineren Sprengladungen etc. zu bekämpfen, damit das Beschussszenario ungestört durchgeführt werden kann.

4.3 Terrorangriffe aus der Luft mit Unterstützung von Drohnen

Für einen Terrorangriff aus der Luft sind außer einem Angriff mit einem Verkehrsflugzeug eine Reihe weiterer Angriffsszenarien denkbar. Die Gefährdung durch einen Terrorangriff aus der Luft ist für die Reaktoren der Atomkraftwerke Fessenheim und Gravelines – wie für alle 34 französischen Reaktoren der 900 MW Klasse – besonders hoch, da diese nur durch ein Containment von relativ geringer Dicke (90 cm) vor externen Einwirkungen geschützt sind. Denkbar für einen Terroranschlag aus der Luft ist z. B. ein Angriff mit einem Hubschrauber. Ein derartiger Angriff ist relativ einfach durchzuführen, da ein Hubschrauber ein sehr wenig Fluggerät ist. Da auch eine ausreichende Verfügbarkeit von Hubschraubern gegeben ist, könnten sie von Terroristen als Tatmittel in Betracht gezogen werden.¹⁴ Alle technischen Voraussetzungen für das „Gelingen“ eines derartigen Szenarios sind bei einem Hubschrauber vorhanden.¹⁵

Durchführung des Angriffsszenarios

Eine terroristische Gruppe müsste für einen derartigen Anschlag einen Helikopter in ihren Besitz bringen, mit einer großen Menge Sprengmittel beladen, den beladenen Helikopter zum AKW fliegen und dort eine große Menge Sprengmittel zur Explosion bringen.

Inbesitznahme eines Hubschraubers durch Terroristen ist relativ einfach möglich: Das Fliegen von Hubschraubern auch zu privaten Zwecken ist ein steigender Trend. Ein Helikopter z. B. für Rundflüge ist in vielen Orten zu buchen. Möglich wäre auch, einen Helikopter mit Piloten zu entführen, wie folgendes Beispiele zeigt: Mithilfe eines Hubschraubers sind drei Häftlinge aus einem Gefängnis im belgischen Brügge geflüchtet. Der Pilot des Helikopters wurde zuvor von zwei Personen als Geisel genommen. Die beiden gaben sich als Touristen aus, die einen Rundflug gebucht hatten. [WELT 2009]

Laden einer großen Menge an Sprengmitteln einfach möglich: Ein Helikopter ist an vielen Stellen relativ problemlos zu landen und wieder zu starten, er braucht dazu nur eine relativ kleine Fläche. So könnte z. B. der Helikopter an einem versteckten Ort landen und dort Sprengmittel laden. Das mögliche Zuladungsgewicht eines Hubschraubers liegt in der Größenordnung einer Tonne. Selbst kleinere Hubschrauber könnten mehrere Hundert Kilogramm zuladen. *Das zulässige Zuladungsgewicht eines Helikopters ermöglicht eine Ladung von Sprengmitteln in erheblichem Umfang.*

Zielerreichung mit dem Helikopter offenbar möglich: Ein Hubschrauber hat mit einer Reisegeschwindigkeit von über 200 km/h eine relativ hohe Geschwindigkeit. Das Anfliegen an ein Atomkraftwerk kann daher sehr schnell erfolgen, sodass die Absicht der Terroristen erst unmittelbar vor dem Attentat erkannt wird. Ein Hubschrauber hat mit einer Tankladung von mehreren Hundert Litern eine große Reichweite (mehrere Hundert Kilometer).

Ein Helikopter ist aufgrund seiner leicht zu bedienenden und präzisen Steuerung sowie der einfachen Landung auch auf kleinen Flächen (z. B. auf Dächern von Krankenhäusern) für den Rettungseinsatz prädestiniert. Genau diese Eigenschaften ermöglichen es Terroristen, einen Hubschrauber als Waffe gegen ein Atomkraftwerk einzusetzen. *Ein Helikopter kann von Terroristen mit einer großen Menge an Sprengmitteln problemlos an oder gegen das Containment oder das Brennelementgebäude geflogen werden. Die Drohnenüberflüge in den letzten Wochen verdeutlichen Schwachstellen in der Luftüberwachung der französischen Atomkraftwerke und vor allem in der Abwehr solcher potenziellen Angriffe aus der Luft. Die Drohnen können auch Material gesammelt haben, um einen Angriff detailliert vorzubereiten.*

Auslösen einer Explosion durch die Sprengmittel an Gebäuden möglich: Mithilfe eines Helikopters könnten Sprengstoffmengen von mehr als hundert Kilogramm zum Einsatz gebracht werden. Sie könnten dazu am Gebäude befestigt werden. Die Wirkung von Sprengstoff ist am größten, wenn er direkt mit möglichst gutem Kontakt an der zu sprengenden Struktur angebracht wird. Zum Anbringen der Ladung und Durchführung der Sprengung dürfte ein Zeitraum von wenigen Minuten ausreichend sein. Diese Zeit ist zur Verhinderung der Aktion durch die Sicherheitskräfte bzw. durch die alarmierte Polizei nicht ausreichend. Insofern muss von einer „erfolgreichen“ Aktion ausgegangen werden. Dieses gilt umso mehr, wenn der *Angriff zur Übermittlung der aktuellen Lage (Standort und Aktivitäten des Sicherungspersonals etc.) oder Bekämpfung des Sicherungspersonals mit Drohnen unterstützt wird.* Ein Selbstmordattentäter könnte alternativ einen mit Sprengstoff beladenen Helikopter auf das Gebäude abstürzen lassen. Eine große Menge an Treibstoff würde in diesem Falle das potenzielle Schadensausmaß erhöhen. *In jedem Fall ist davon auszugehen, dass Terroristen mithilfe eines Helikopters eine große Menge Sprengmittel an geeigneter Stelle zur Explosion bringen können.*

Auswirkung eines Sprengstoffanschlags

Gegen die Detonationen von Sprengstoff sind die Atomkraftwerke nicht ausgelegt. Ein Schutz vor Sprengstoffen soll dadurch erzielt werden, dass solche Sprengstoffe nicht in der Nähe des Kraftwerks aufbewahrt werden dürfen.

Ein weitverbreiteter Sprengstoff ist Trinitrotoluol (TNT), das u. a. auch im militärischen Bereich für Waffen und Sprengmittel verwendet wird. Anhand von Faustformeln wurde hier abgeschätzt, welche Menge TNT erforderlich ist, um bei Aufliegen auf dem aus Stahlbeton bestehenden einwandigen Containment ein vollständiges Durchschlagen zu erreichen. Ein Vielfaches dieser Menge kann von einem Helikopter problemlos transportiert werden. Dasselbe gilt für die Gebäude zur Lagerung der abgebrannten Brennelemente. Auch eine Zerstörung der doppelwandigen Strukturen des AKW Cattenom ist angesichts der Sprengstoffmenge, die ein Helikopter transportieren kann, nicht auszuschließen.¹⁶

Tonnenschwere fallende Betontrümmer, Druckwelle und Erschütterung können bei der Explosion von einer derart großen Sprengstoffmenge oder von effektiven Sprengladungen schwere Zerstörungen im Inneren des Containments bewirken und die Kühlung des Reak-

tors unterbrechen. Aufgrund der starken Zerstörung kann eine ausreichende Kühlung nicht wiederhergestellt werden. Ein Kernschmelzunfall mit erheblichen radioaktiven Freisetzungen wird mit einer hohen Wahrscheinlichkeit resultieren.

Für den Fall, dass die Explosion das Lagergebäude für die abgebrannten Brennelemente betrifft, sind ebenfalls erhebliche Freisetzungen zu befürchten. Die Brennelement-Lagergebäude von allen französischen Atomkraftwerken haben eine dünnwandige Struktur. Insofern ist es möglich, dass Sprengstoff erheblichen Schaden an der Struktur verursacht, so dass das Kühlwasser ausfließt. Gegenmaßnahmen sind nicht vorhanden bzw. nicht möglich, eine sehr hohe radioaktive Freisetzung in die Atmosphäre ist unvermeidbar. (siehe Kapitel 6)

Drohnen können diesen Angriff sowohl in der Vorbereitung als auch während der Durchführung unterstützen. So können zum einen im Vorfeld durch das detaillierte Bildmaterial der Drohnen geeignete Standorte für das Landen des Hubschraubers und das Anbringen der Sprengmittel ausgewählt werden sowie das Sicherungspersonal (Routinen, Material, Kommunikationsmittel etc.) ausgeforscht werden. Während des Angriffs bestünde durch die Drohnen die Möglichkeit, das Sicherungspersonal mit kleineren Sprengladungen etc. zu bekämpfen, um die Sprengmittel ungestört anzubringen und zur Explosion zu bringen.

Fazit

Ein Terrorangriff mit einem Hubschrauber ist bei Betrachtung aller dafür erforderlichen Schritte ein relativ einfach durchzuführendes Angriffsszenario, das mit einer hohen Wahrscheinlichkeit zu katastrophalen Folgen führt. Die Drohnenüberflüge haben verdeutlicht, dass die vorhandenen Sicherungsmaßnahmen der französischen Atomkraftwerke einen derartigen Angriff nicht verhindern können. Gleichzeitig besteht offenbar die Möglichkeit, mit Drohnen den Angriff zu unterstützen.

Anmerkung: Die deutschen Sicherheitsbehörden scheinen einen derartigen Angriff durchaus als Bedrohung zu sehen. So wurden kürzlich auf einem Gebäude des AKW Brokdorf Gitter installiert, dessen Bedeutung aus Geheimhaltungsgründen nicht offiziell genannt wird.

Spekulationen zufolge sollen

5. Grenzen von Gegenmaßnahmen

Kurzfristiges Herunterfahren des Reaktors: Die Verwundbarkeit eines AKW gegenüber Angriffen jeder Art kann grundsätzlich durch Abschalten herabgesetzt werden. Ein Abschalten, um kurzfristig einer erhöhten Gefährdung Rechnung zu tragen, bringt allerdings nicht sehr viel.

Ein entscheidendes Problem der Reaktorsicherheit besteht darin, dass zwar durch Schnelabschaltung die nukleare Kettenreaktion unterbrochen werden kann, nicht aber die Wärmeentwicklung durch den radioaktiven Zerfall des Brennstoffs (sogen. Nachzerfallswärme). Insofern kann es beim Ausfall der Kühlung innerhalb kurzer Zeit zum Schmelzen des Kerns kommen. Nach dem Abschalten fällt die Wärmeentwicklung anfangs ziemlich rasch ab. Durch rechtzeitiges Abschalten könnte nun angestrebt werden, diese Zerfallswärme zu reduzieren und damit die Abläufe zur Kernschmelze zu verlangsamen.

Abschätzungen zeigen, dass die Abschaltung Wochen oder Monate vor der Attacke stattfinden müssten, um ausreichend Zeit für Interventionsmaßnahmen zu haben. Allerdings sind die Chancen für erfolgreiche Gegenmaßnahmen beim abgeschalteten Reaktor auf jeden Fall größer. Auch sind gegebenenfalls die radioaktiven Freisetzungen geringer, da ein Teil der kurzlebigen Radionuklide (z.B. Jod-131) bereits weitgehend zerfallen sind. [HIRSCH 2004]

Verstärkung des Objektschutzes: Zur Abwehr von Terrorangriffen ist eine Verstärkung des Objektschutzes eine Option. Dazu gehören Maßnahmen wie zahlenmäßige Verstärkung und bessere Bewaffnung des Schutzpersonals, Ausbau der Zäune, Barrieren an den Zufahrtswegen u. ä. Details über derartige Maßnahmen werden nicht veröffentlicht; zweifellos wurde seit dem 11. September 2001 bereits Einiges in der Praxis umgesetzt.

Der Schutz gegen Angriffe auf dem Boden wird durch derartige Maßnahmen zweifellos verbessert. Gegen Anschläge aus der Luft helfen sie wenig, wie die Drohnenüberflüge zeigen. Jedes französische Atomkraftwerk wird von einer Spezialeinheit der Gendarmerie bewacht. Am 30.10.2014 erhielten die Gendarmen zwar laut Medienberichten die Erlaubnis, auf die Drohnen über dem Gelände von Atomkraftwerken zu schießen, aber Schüsse in Richtung der nuklearen Anlagen sind verboten [LU.-WORT 2014]. Die Frage scheint auch zu sein, welche Waffe dafür geeignet ist. In jedem Fall kam es auch nach der Schießerlaubnis zu weiteren Drohnenflügen über Atomanlagen.

Flugverbotszonen und Flugabwehr: In Frankreich ist es verboten, Atomkraftwerke in einem Umkreis von fünf Kilometern und einer Höhe unter 1000 Metern zu überfliegen. Für die Überwachung dieses Luftraums ist die französische Luftwaffe zuständig. Flugverbotszonen um Atomkraftwerke verringern zwar das Risiko von zufälligen Abstürzen. Gegen einen gezielten Angriff z. B. mit einem Hubschrauber ist diese Maßnahme jedoch wirkungslos. Die geringe Wirkung der Flugverbotszonen wurde durch die Drohnenüberflüge verdeutlicht. Abfangjäger der Luftwaffen können ebenfalls nur sehr bedingt zum Schutz der franz. Atomkräfte beitragen. Theoretisch wäre es möglich, einen Hubschrauber, dessen terroristische Absicht rechtzeitig erkannt wird, durch die alarmierten militärischen Abfangjäger abzuschießen. Allerdings ist kaum zu erwarten, dass die Abfangjäger rechtzeitig eintreffen. Diese benötigen nach Alarmierung mindestens 15 Minuten bis zum Start und einige Minuten zum Erreichen des Atomkraftwerks. In dieser Zeit kann aber ein Hubschrauber eine Entfernung von rund 70 km zurücklegen. Es ist eher unwahrscheinlich, dass bereits in dieser Entfernung die terroristische Absicht der Hubschrauberbesatzung erkannt wird.

Fazit

Insbesondere die alten Atomkraftwerke mit den Reaktoren der 900 MW Klasse, aber auch der 1300 MW Klasse, weisen eine Reihe von Auslegungsdefiziten auf, die den potenziellen „Erfolg“ eines Terrorangriffs erhöhen. Das Implementieren von strengeren passiven Maßnahmen an den AKW-Standorten kann diese Tatsachen nicht kompensieren.

Insgesamt muss die Effektivität sämtlicher Schutzmaßnahmen bezweifelt werden. Alle denkbaren Schutzvorkehrungen können durch die Fantasie eines Angreifers und/oder durch entsprechende Stärke und gute Bewaffnung der Angreifertruppe überwunden werden. Dies gilt auch für Angriffe auf dem Boden, besonders aber für Angriffe aus der Luft und vom Wasser, oder für kombinierte Angriffe.

Meist wird die Gefahr von Terrorangriffen auf Atomkraftwerke bewusst heruntergespielt. Es wird behauptet, die Atomkraftwerke seien ausreichend gesichert, allerdings dürften aus Geheimhaltungsgründen keine Details bekannt gegeben werden. Diese Behauptung ist durch die Drohnenüberflüge eindrucksvoll widerlegt: zum einen scheinen Betreiber und Behörden machtlos zu sein, den Überflügen ein Ende zu bereiten, zum anderen müssen jetzt nach den umfassenden Spionageflügen die vorhandenen Sicherungsmaßnahmen als bekannt vorausgesetzt werden.

Ein hohes Schutzniveau, das eine gute Chance böte, Angriffe abzuwehren, könnte lediglich durch umfassende militärische Sicherung erreicht werden – d. h. Stationierung von Bodentruppen mit Geschützstellungen, Luftabwehr-Batterien, Schnellbooten und Kampftauchern auf dem Wasser usw. Eine derartige Militarisierung der Energiewirtschaft erscheint jedoch mit der Vorstellung einer offenen, demokratischen Gesellschaft unvereinbar.

[HIRSCH 2004]

Außerdem wären mit derartigen Maßnahmen wiederum spezifische Risiken verbunden. Waffen können irrtümlich oder durch technische Defekte ausgelöst werden. Zivilisten können Abwehrmaßnahmen, die durch eine vermeintliche oder tatsächliche Bedrohung ausgelöst werden, zum Opfer fallen.

Dabei können eingesetzte Waffen auch Schäden an der Atomkraftwerksanlage bewirken. Sie könnten sogar bewusst gegen die Anlage eingesetzt werden, wenn Angehörige des militärischen Personals von Terrororganisationen bestochen oder mit anderen Mitteln rekrutiert werden. Auch eine Ein- und Übernahme von Geschützstellungen durch Terroristen kann nicht ausgeschlossen werden. [HIRSCH 2004]

6. Auswirkungen schwere Unfälle

Unfallszenario Reaktorkern

Die in dieser Expertise skizzierten Terrorszenarios verursachen mit hoher Wahrscheinlichkeit in den angegriffenen Reaktoren einen nicht mehr beherrschbaren Kühlmittelverlust und damit einen Kernschmelzunfall. Dabei handelt es sich um die gefährlichste und folgenschwerste Variante eines Kernschmelz-Unfalles – einer Kernschmelze mit offenem Containment. Die radioaktiven Freisetzungen erfolgen somit besonders früh (innerhalb weniger Stunden), da keine auch nur zeitweilige Rückhaltung durch die Sicherheitshülle gegeben ist. Außerdem sind sie besonders hoch. Bei einer längeren Verzögerungszeit schlägt sich nämlich ein Teil der Radionuklide, die aus dem geschmolzenen Brennstoff freigesetzt wurden, an kälteren Flächen im Gebäude nieder. Dieser, die Freisetzung nach außen reduzierende Faktor fällt bei offenem Containment weg. Die Vorwarnzeit für eine Freisetzung beträgt dann nur wenige Stunden. Freisetzungsmengen der flüchtigen Radionuklide (z. B. Cäsium-137) liegt im Bereich von 50 bis 90 % des Kerninventars.

Unfallszenario Brennelementlagerbecken

Das Brennelement-Lagerbecken befindet sich bei den französischen Atomkraftwerken nicht innerhalb des Containments, sondern angrenzend in einem separaten Gebäude. Das Lagerbecken ist aufgrund der geringen Wand- und Dachstärke des Gebäudes besonders verwundbar. Ein terroristischer Angriff, der zu schweren Schäden am Gebäude führt, kann ein Ausfließen des Kühlmittels (Wasser) verursachen.¹⁷ Dadurch kommt es – aufgrund der Nachzerfallswärme – zu einem Aufheizen des darin gelagerten Brennstoffs. Der noch nicht lange aus dem Reaktor entladene Brennstoff weist eine relativ hohe Wärmeproduktion auf und kann sich innerhalb weniger Stunden auf eine Temperatur von 900° C aufheizen. Bei dieser Temperatur beginnen die Brennelemente-Hüllen, die aus Zircaloy bestehen, in Luft zu brennen. Der Brand ist sehr heiß und mit Wasser nicht zu löschen. Es kann im Becken auf ältere Brennelemente übergreifen, die sich nicht so rasch selbst aufheizen würden. Somit kann das gesamte Inventar des Lagerbeckens schmelzen [ALVAREZ 2003].

Die Entzündung von Zircaloy an Luft wird befördert, wenn bei einem Terrorangriff auch die Brennelemente im Becken beschädigt werden, etwa durch fallende Trümmer oder Splitter. Kleine Zircaloy-Späne können sich bereits bei Temperaturen um 200° C entzünden.

Bei einem Kühlmittelverlust im Lagerbecken sind Interventionen praktisch nahezu unmöglich. Sobald das Wasser aus dem Becken ausgeflossen ist, fällt nicht nur die Kühl-, sondern auch die Abschirmwirkung des Wassers weg. Der Strahlenpegel in der Umgebung des Beckens, aber auch in anderen Bereichen des Gebäudes, steigt drastisch an. Am Rande des Beckens werden Dosisleistungen von ca. 100 Sievert pro Stunde (Sv/h) erreicht. [ALVAREZ 2003] In der Nähe des Beckens kann bereits eine Verweildauer von Minuten tödlich sein. Noch in 20 m Entfernung sind Dosisleistungen im Bereich von 1 mSv/h zu erwarten [ASN 2011].

Die schweren Schäden am Lagerbecken führen zu erheblichen radioaktiven Freisetzungen. Die Höhe der Freisetzungen für dieses Szenario wurde bisher weder experimentell noch durch genauere Analysen bestimmt. Orientierungswerte liefert jedoch eine US-Untersuchung, laut dieser werden 10 % bis 100 % des Cäsium-Inventars des Beckens aus dem Gebäude freigesetzt [ALVAREZ 2003].

Das Lagerbecken des AKW Cattenom ist für insgesamt 630 Brennelemente ausgelegt. [ASN 2011] Ein Teil der Positionen (193) muss allerdings für eine unplanmäßige Kernentladung

frei gehalten werden. Insofern ist im Normalbetrieb eine maximale Beladung von 437 Brennelementen vorgesehen.¹⁸ Das ist allerdings dennoch mehr als das Doppelte an Brennelementen als sich im Kern befinden. Die zu erwartenden Freisetzen des relevanten Radionuklids Cäsium-137 infolge der hier diskutierten Terroranschläge sind daher insgesamt in der gleichen Größenordnung wie jene aus dem Reaktorkern. Sie können diese sogar um ein Vielfaches übersteigen.

Radiologische Folgen

Bei einem Kernschmelzunfall mit offenem Containment bleibt nur extrem wenig Zeit für eine Evakuierung der Bevölkerung. Sollte die Evakuierung misslingen, erhalten je nach Wetterlage Hunderttausende Menschen gesundheitsschädliche, teils lebensbedrohende Strahlendosen. In der Nähe der Anlage ist mit einer akuten Strahlenkrankheit, in größerer Entfernung mit erheblichen Langzeitfolgen (vor allem Krebs und genetische Schäden nachfolgender Generationen) zu rechnen.

Deutschland ist nur unzureichend auf einen atomaren Unfall vorbereitet, dies zeigte eine als Bund-Länder-Kommunikationsübung bezeichnete Simulation einer Atom-Katastrophe im AKW Emsland am 17. September 2013. In der Simulation wurde die Bevölkerung erst zu einem Zeitpunkt gewarnt, zu dem die radioaktive Wolke bereits Millionen Menschen erreicht hätte.

Eine Darstellung der möglichen Konsequenzen eines auslegungsüberschreitenden Unfalls ist anhand der Ergebnisse des Projekts FlexRisk möglich [FLEXRISK 2014].¹⁹ Im Rahmen dieses Projekts wurden auch für 88 reale Wetterszenarien eines repräsentativen Jahres (1995) die radiologischen Folgen ermittelt. Für die Reaktoren in Fessenheim, Gravelines und Cattenom wurde dabei jeweils eine Freisetzung von 30 % des Kerninventars an Cäsium-137 unterstellt. Die Freisetzen der hier diskutierten Terrorangriffe könnten sogar noch höher sein. Im Folgenden werden einige ausgewählte Ergebnisse präsentiert und kurz erläutert. Dazu werden die ermittelten Cäsium-137-Dispositionen dargestellt, da sie einen Hinweis auf die langfristigen Kontaminationen geben. Gebiete mit Cäsium-137 Bodenkontaminationen von mehr als 40 kBq/m² gelten laut IAEA als kontaminiert, da die Bevölkerung in diesen Gebieten eine effektive Dosis von mehr als 1 mSv im ersten Jahr zu erwarten hat [LELIEVELD 2012].

AKW Gravelines

Unter Wetterbedingungen, die denen am 01. Januar 1995 entsprechen, wäre nach einer radioaktiven Freisetzung ein schmaler Streifen in Frankreich und Süddeutschland stark kontaminiert (Cäsium-137 Bodenkontaminationen von rund 1000 kBq/m²). Zudem wären fast die komplette Schweiz und nennenswerte Teile von Österreich kontaminiert.

Für Freisetzen bei einer Wettersituation, die der des 2. Septembers 1995 entspricht, wäre insbesondere Belgien stark betroffen.

KW Fessenheim

Eine radioaktive Freisetzung unter Wetterbedingungen wie am 29. Juni 1995 würde Kontaminationen vor allem in Frankreich verursachen. Belgien wäre nahezu vollständig kontaminiert. Auch ein Gebiet im Westen Deutschlands wäre kontaminiert.

Im zweiten Beispiel – Wettersituation wie am 25. Januar 1995 – wäre in erster Linie Deutschland von einer radioaktiven Freisetzung. In einem relativ großen Gebiet treten sehr hohe Cäsium-137 Kontaminationen auf (etwa 1000 kBq/m²). Sogar Schweden hätte Kontaminationen in großen Landstrichen zu erwarten.

AKW Cattenom

Unter Wetterbedingungen, die denen am 11. Mai 1995 entsprechen, wäre ein schmaler Streifen in Frankreich sehr stark kontaminiert (Cäsium-137 Bodenkontaminationen von mehr als 1000 kBq/m²). Zudem wäre ein Teil von Italien kontaminiert.

Für Freisetzungen entsprechend der Wettersituation vom 9. Oktober 1995, wäre Luxemburg nicht nur vollständig sondern auch sehr hoch kontaminiert. Hohe Belastungen würden in Belgien, den Niederlande und Deutschland auftreten.

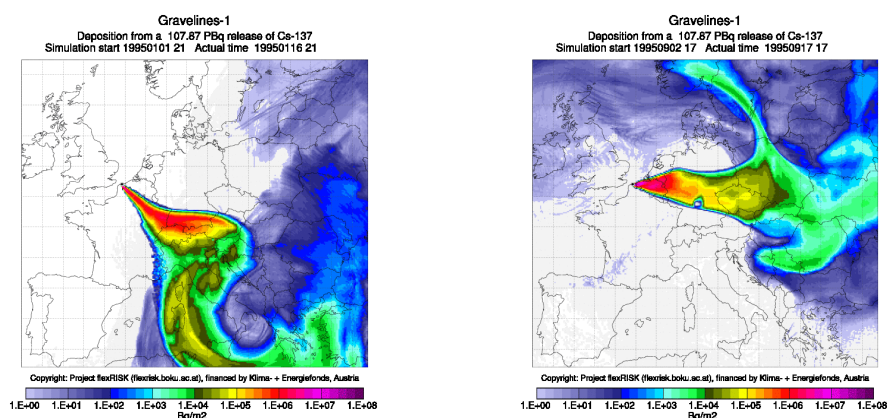


Abbildung 1: Mögliche Cs-137 Depositionen nach einem schweren Unfall im AKW Gravelines

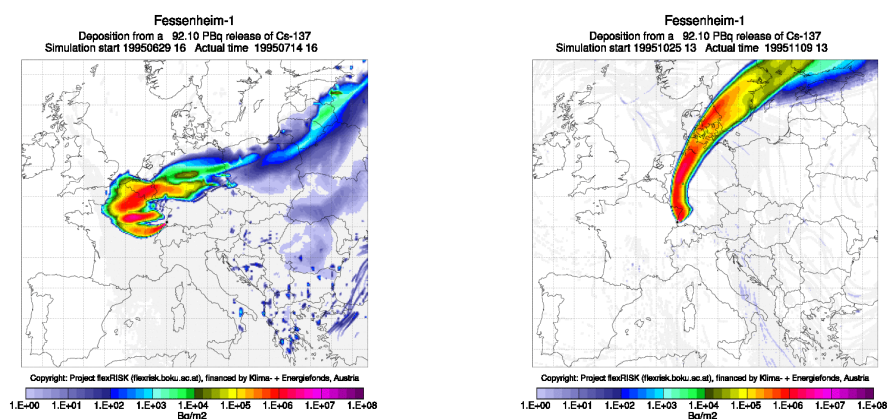


Abbildung 2: Mögliche Cs-137 Depositionen nach einem schweren Unfall im AKW Fessenheim

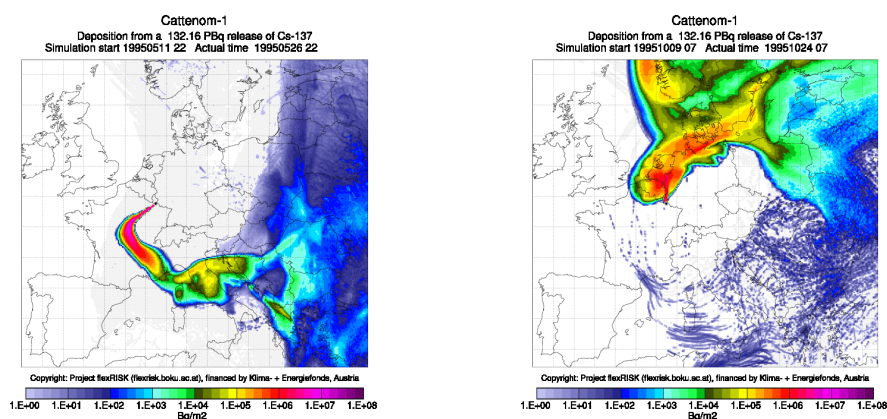


Abbildung 3: Mögliche Cs-137 Depositionen nach einem schweren Unfall im AKW Cattenom

7. Fazit

Ergebnis dieser Kurzexertise ist, dass anders als von Behörde und Betreiber behauptet, von den Drohnenflügen über französische Atomanlagen seit Anfang Oktober 2014 eine Gefahr ausgeht. Nicht nur die Drohnenüberflüge selbst, sondern auch die Unfähigkeiten der Sicherheitsbehörden bei der Aufklärung und Verhinderung dieser Aktionen, gibt Anlass zur Besorgnis.

Meist wird die Gefahr von Terrorangriffen auf Atomkraftwerke bewusst heruntergespielt. Es wird behauptet, die Atomkraftwerke seien ausreichend gesichert, allerdings dürften aus Geheimhaltungsgründen keine Details bekannt gegeben werden. Diese Behauptung ist durch die Drohnenüberflüge eindrucksvoll widerlegt: zum einen scheinen Betreiber und Behörden machtlos zu sein, den Überflügen ein Ende zu bereiten, zum anderen müssen jetzt – nach potenziell erfolgten Spionageflügen – die vorhandenen Sicherungsmaßnahmen als bekannt vorausgesetzt werden.

Ausgehend von der Hypothese, dass eine terroristisch oder kriminell motivierte Gruppe für diese Drohnenüberflüge verantwortlich ist, wurde in dieser Kurzexertise die daraus resultierende Gefahr geprüft.

In der militärischen Anwendung haben – auch kleinere tragbare – Drohnen als Instrument zur Aufklärung und Überwachung von potenziellen Gegnern eine wachsende Bedeutung erlangt. In dieser Funktion hat die Drohnentechnologie in den letzten Jahrzehnten rasante Fortschritte gemacht.

Kleinere, leichttransportierbare Drohnen, die „standardmäßig“ bewaffnet oder z. B. mit Explosionsmunition ausgestattet sind, existieren in der militärischen Anwendung bisher nicht.

Jedoch sind zivile Drohnen für Nutzlasten von einigen Kilogramm erhältlich, die z. B. mit Sprengstoff bestückt werden könnten.

Aufgrund der Auslegungsdefizite und der besonderen Störanfälligkeit insbesondere der 34 ältesten französischen Atomkraftwerke kann nicht ausgeschlossen werden, dass ein Angriff mit einigen Sprengstoff beladenen Drohnen auf einige ansteuerbare neuralgische Punkte der Anlage zu einem Ereignis führt, das von den Sicherheitssystemen nicht beherrscht wird und zudem Notfallschutzmaßnahmen der Betriebsmannschaft misslingen, sodass radioaktive Stoffe freigesetzt werden.

Zielsetzung dieser Kurzexertise ist aber, zu untersuchen, ob terroristische Angriffsszenarien unter Beteiligung der Drohnen denkbar sind, in deren Folge ein Kernschmelzunfall nahezu unwiderruflich eintritt, der Angriff also Schäden hervorruft, bei denen Interventionsmaßnahmen zur Verhinderung einer radioaktiven Freisetzung unmöglich sind.

Angesichts der Faktenlage zur Verfügbarkeit und Einsatzmöglichkeiten der Drohnen und unter Berücksichtigung der Verwundbarkeit der französischen Atomkraftwerke Fessenheim, Gravelines und Cattenom scheinen drei grundsätzliche Varianten denkbar:

- Variante 1: Drohnen unterstützen einen Sprengstoffanschlag von Innentätern. Abschätzungen zeigen, dass für informierte Innentäter weniger als 10 kg Sprengstoff ausreichen, um einen Kernschmelzunfall auszulösen. Diese Menge kann mit einer sehr kleinen Anzahl von Drohnen problemlos angeliefert werden, da ihre Nutzlast ausreichend ist und zudem offenbar das ungestörte Überfliegen von Atomanlagen möglich ist. Es ist nicht auszuschließen, dass mit den Drohnenüberflügen in den letzten Wochen derartige Anflüge erfolgreich geübt wurden.

- Variante 2: Ein mehrfacher Beschuss des Containments mit Panzerabwehrlenkwaffen AT-14 aus mehreren hundert Metern könnte, sofern auch thermobarische Gefechtsköpfe eingesetzt werden, einen Kernschmelzunfall mit erheblichen radioaktiven Freisetzungen verursachen. Die Drohnenüberflüge könnten zum Ziel haben, Details des Geländes und der Sicherung auszuspionieren. Zudem könnten Drohnen diesen Angriff durch eine Überwachung aus der Luft unterstützen und ggf. mit kleineren Sprengladungen oder ähnlichem das Sicherheitspersonal angreifen.
- Variante 3: Ein potenzieller Angriff aus der Luft, z. B. mit einem Hubschrauber, soll vorbereitet werden. Dazu werden mithilfe der Drohnenüberflüge Strategien, die Ressourcen und die Wirksamkeit von Gegenmaßnahmen des Betreibers und der Behörde geprüft. Die Drohnen fungieren gewissermaßen als „Testballon“. Gleichzeitig werden Details des Geländes und der Sicherung ausspioniert. Die Drohnenüberflüge zeigen, dass die vorhandenen Sicherungsmaßnahmen nicht wirksam sind. Das gilt offensichtlich nicht nur für überraschende Aktionen, sondern selbst für Aktionen, die erwartet werden.

Bei allen drei hier untersuchten Terrorszenarien resultiert bei einem Angriff auf das Reaktorgebäude mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Kernschmelz-Unfall mit offenem Containment. Die zu erwartenden radioaktiven Freisetzungen sind in diesem Falle besonders hoch und treten bereits einige Stunden nach dem Angriff auf. So bleibt für die erforderlichen Evakuierungen der Bevölkerungen nur wenig, vermutlich zu wenig, Zeit.

Auch das Gebäude zur Lagerung der Brennelemente würde bei allen drei hier untersuchten Angriffsszenarien großen Schaden nehmen. Resultat wäre ein schwerer Unfall mit hohen radioaktiven Freisetzungen.

Maßnahmen, mit denen unter Umständen die Verwundbarkeit eines Atomkraftwerkes gegen Terrorangriffe herabgesetzt werden kann, existieren nicht. Ein Herunterfahren des Reaktors bringt nur dann einen deutlichen Gewinn an Sicherheit, wenn dies Wochen vor dem Anschlag geschieht. Nur dann ist die Zerfallswärme soweit abgeklungen, dass signifikant mehr Zeit für Gegenmaßnahmen zur Verfügung steht. Ob diese ausreichend sind, um Freisetzungen zu verhindern, ist zwar fraglich, aber es wird Zeit gewonnen für Schutzmaßnahmen der Bevölkerung. Insofern sollten die französische Aufsichtsbehörde ASN sehr ernsthaft die Anordnung zum Herunterfahren der Reaktoren – zumindest bis zur Aufklärung der Vorfälle – erwägen.

Eine Darstellung der radiologischen Folgen eines schweren Unfalls ausgelöst durch die vorher diskutierten Terrorangriffe auf einen Reaktor im AKW Cattenom, Fessenheim oder Gravelines zeigt je nach Wetterbedingungen eine großflächige Kontamination vieler Länder (insbesondere Belgien, Deutschland, Luxemburg, Schweiz und Frankreich).

Um die nuklearen Risiken vollständig beurteilen und abwägen zu können, ist es unerlässlich, möglichst das gesamte Spektrum der Gefährdung durch Terror zu betrachten. Darauf hat grundsätzlich auch die Öffentlichkeit einen Anspruch. Andererseits muss unbedingt vermieden werden, dass im Rahmen einer fachlichen Untersuchung kritische Details betreffend der Verwundbarkeit von Atomkraftwerken öffentlich werden, die unmittelbar als „nützliche“ Hinweise bzw. Handlungsanleitungen für die Durchführung von Anschlägen missbraucht werden könnten. Ebenso dürfen auch „Ideen“ für neue Szenarien, die bisher unbekannt waren und zur Nachahmung verleiten könnten, nur sehr grob skizziert werden. Die vorliegende Kurzexpertise wurde unter konsequenter Berücksichtigung dieses Gesichtspunktes verfasst.

8. Fußnoten

- 1 Die deutschen ISAF-Truppen führen mit ALADIN Aufklärungsflüge in Kabul und den umgebenden Bergen in Afghanistan durch.
- 2 Im Bereich der taktischen Drohnen ist Israel der weltweit größte Exporteur, so sind unter anderem die Streitkräfte Indiens, Russlands und Deutschlands im Besitz israelischer Drohnen.
- 3 Im Anhang sind einige militärische Drohnen tabellarisch dargestellt.
- 4 Im Anhang sind einige zivile Drohnen tabellarisch dargestellt.
- 5 Die nationale schnelle Eingreiftruppe (Force d'Action Rapide du Nucléaire, FARN) soll in der Lage sein, innerhalb von 24 Stunden nach Eintreten eines Ereignisses jeden französischen Anlagenstandort zu erreichen und die dort vorhandenen Anlagen mit mobilen Einrichtungen und speziell ausgebildetem Personal zu versorgen.
- 6 Weitere Daten zum Containment befinden sich im Anhang.
- 7 In der Anlage Fessenheim ist eine zusätzliche Gasturbine installiert. Damit ist zwar eine diversitäre Notstromanlage vorhanden. Diese ist jedoch nur einsträngig für beide Blöcke und insofern ist ihr Ausfall durch eine Panne nicht auszuschließen oder durch einen Angriff einfach zu bewirken
- 8 Zu diesen Einrichtungen, die auch gegen auslegungsüberschreitende Einwirkungen ausgelegt sein sollen, zählt ein zusätzlicher (mobiler) Dieselgenerator sowie eine autarke Pumpe zur Versorgung des Brennelementlagerbeckens und der Vorratsbehälter des Notspeisesystems (ASG) sowie des Flutbehälters (PTR) aus einem Grundwasserbrunnen oder einem See.
- 9 Nuclear Energy and Security, Universität Salzburg, 20. – 23. Juli 2005
- 10 Komet-E ist die russische Bezeichnung und AT 14 die Bezeichnung der Nato.
- 11 Syrien, Jordanien, Vereinigte Arabische Emirate, Kuwait, Saudi Arabien, Türkei, Indien, Marokko, Algerien und Griechenland
- 12 Explosionen von Benzin-Luft-Gemischen haben z.B. in Raffinerien schon mehrfach katastrophale Unfälle verursacht
- 13 In der Regel sind die relevanten Sicherheitssysteme vierfach vorhanden, so soll sichergestellt werden, dass beim Ausfall eines einzelnen Systemteils die Kühlung des Reaktorkerns sichergestellt ist; die jeweils zu einer Redundanz gehörenden Systemteile (wie Pumpen, Armaturen, Stromversorgung etc.) sind weitgehend räumlich getrennt aufgebaut.
- 14 Im Jahre 2009 waren in Deutschland 944 Hubschrauber gemeldet, 2.528 Personen hatten eine Lizenz zum Fliegen eines Hubschraubers [BVBS 2009].
- 15 Der BK 117 B2 und der EC 135, zwei Hubschrauber, die in Deutschland u. a. für die Luftrettung oder als Polizei-hubschrauber Verwendung finden, haben folgende technische Daten: Reisegeschwindigkeit 241 km/h; Reichweite 785 bzw. 575 km, Maximale Zuladung 920 bzw. 1210 kg; Tankinhalt 720 bzw. 772 Liter [ADAC 2010].
- 16 Es gibt andere Sprengstoffe, die noch brisanter sind als TNT, d. h. eine höhere Detonationsgeschwindigkeit aufweisen. Besonders große Zerstörungen sind von militärischen Sprengladungen zu erwarten.
- 17 Die radiologischen Konsequenzen eines Terrorangriffs hängen von den Schwere des Angriffs ab, insbesondere ob das Wasser ausläuft. Sollte das Becken intakt bleiben, und nur die Kühlung ausfallen dauert es mehr Tage, bis eine kritische Situation eintritt, es sei denn der gesamte Kern ist zum Angriffszeitpunkt in das Becken entladen. Dann stehen nur wenige Stunden für Interventionsmaßnahmen zur Verfügung. [LARGE 2012] Während der Brennelementwechsel wird der gesamte Reaktorkern in das Lagerbecken transferiert. t.
- 18 In den Lagerbecken der Reaktoren in AKW Fessenheim können maximal jeweils 313 und im AKW Gravelines jeweils 382 Brennelemente gelagert werden. Unter Berücksichtigung der für eine Kernentladung freizuhaltenden Kapazitäten sind es für das AKW Fessenheim und das AKW Gravelines maximal 156 bzw. 225 Brennelemente. In den Reaktorkernen befinden sich jeweils 157 Brennelemente. (Folgende Lagerkapazitäten sind vorhanden: CP0 Serie: 313 BE, CP1 und CP2 Serie: 382 BE, P4 Serie: 459 BE, P4 Serie: 630 BE, N4 Serie: 612 BE [ASN 2011])
- 19 Im Rahmen dieses Projekts wurde die geographische Verteilung des Risikos durch schwere Unfälle in europäischen Atomkraftwerken untersucht. Ausgehend von Quelltermen und Unfallhäufigkeiten wurden mit einem aktuellen Ausbreitungsmodell für etwa 2800 verschiedene Wettersituationen die aus einem schweren Unfall resultierende Belastung durch Bodenkontamination und bodennahe Konzentrationen berechnet.

9. Quellenangaben

ADAC 2010	Die ADAC-Hubschrauber-Flotte auf einen Blick, www.adac.de , eingesehen im März 2010
ALVAREZ 2003	Reducing the Hazards from Stored Power-Reactor Fuel in the United States, R. Alvarez et al.; Science & Global Security, Vol. 11, No. 1 (2003), S. 1-60
ALWARDT 2013	Braucht Deutschland Kampfdrohnen? Christian Alwardt, Michael Brzoska, Hans-Georg Ehrhart, Martin Kahl, Götz Neuneck, Johann Schmid, Patricia Schneider. Hamburger Informationen zur Friedensforschung und Sicherheitspolitik Ausgabe 50/2013; Hamburg, Juli 2013
ARMY 2014	Army-technology: Kornet E Anti-Armour Missile, Russia, www.army-technology.com/projects/kornet/ , eingesehen im November 2014
ASN 2011	Complementary Safety Assessments of the French Nuclear Power Plants (European "Stress tests"), Report by the French Nuclear Safety Authority, December 2011
BECKER 2005	Studie zu den Auswirkungen eines Beschusses der im Standort-Zwischenlager Krümmel aufbewahrten Behälter des Typs CASTORâ V/52 mit panzerbrechenden Waffen, Oda Becker, Dezember 2005
BECKER 2010	Terrorangriff mit einer panzerbrechenden Waffe (AT 14) auf ältere deutsche Atomkraftwerke; Oda Becker; erstellt im Auftrag von Greenpeace Deutschland e. V.; September 2010; www.greenpeace.de/sites/www.greenpeace.de/files/KURZ_Panzerbrechende_Waffen_14092010_0.pdf , eingesehen im November 2014
BRUSSELS 2014	Belgian jihadist, former worker at Doel nuclear plant, dies in Syria, Thursday, 16 October 2014 15:45; http://www.thebrusselstimes.com/belgium/item/1154-belgian-jihadist-former-worker-at-doel-nuclear-plant-dies-in-syria ; eingesehen im November 2014
BUSINESS 2014	Bussinessportal24: Unbemannte Systeme im Anflug auf die International CES 2015, 7. November 2014; http://www.businessportal24.com/de/unbemannte-systeme-im-anflug-auf-die-international-ces-2015.html ; eingesehen im November 2014
BVBS 2009	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Beantwortung Frage Nr. 200 von Herrn Peter Hettlich MdB, Berlin, 01.07.2009
BZ 2014	Drohnen in Frankreich. Wer schickt Drohnen über die Atommeiler? 30.10.2014; http://www.berliner-zeitung.de/politik/drohnen-in-frankreich-wer-schickt-drohnen-ueber-die-atommeiler-,10808018,28900304.html
CSS 2010	Drohnen: Militärischer Nutzen und politische Debatten; CSS Analysen zur Sicherheitspolitik; Nr. 78; ETH Zürich; Juli 2010; http://www.css.ethz.ch/publications/pdfs/CSS-Analysen-78.pdf ; eingesehen im November 2014
EC 2014	EconomicsExperts: Thermobaric Weapons, www.economicexpert.com/a/Fuel:air:explosive.htm , eingesehen im November 2014
EMT 2014a	ALADIN Mini-Luftaufklärungssystem; EMT; http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/ALADIN_de_01.pdf ; eingesehen im November 2014
EMT 2014b	LUNA Luftaufklärungs- und Überwachungssystem; EMT; http://www.emt-penzberg.de/uploads/media/LUNA_de_01.pdf ; eingesehen im November 2014
FAS 2014	Federation of American Scientists (FAS): Fuel/Air Explosive (FAE), www.fas.org/man/dod-101/sys/dumb/fae.htm , eingesehen im November 2014
FLANDERS 2014	Flanderstoday: Anti-terror office joins investigation of sabotage at Doel. Alan Hope; 11.08.2014; http://www.flanderstoday.eu/business/anti-terror-office-joins-investigation-sabotage-doel ; eingesehen im November 2014
FLEXRISK 2014	The Project „flexRISK“: Flexible Tools for Assessment of Nuclear Risk in Europe; http://flexrisk.boku.ac.at/en/projekt.html ; eingesehen im November 2014
GENERALVIEW 2014	Unbemannte Flugsysteme; http://www.general-view.com ; eingesehen im November 2014
GREENPEACE 2014	Drohnen über Atomkraftwerken, Philipp Brandstädter, 08.11.2014; http://www.greenpeace.de/themen/energiewende/atomkraft/drohnen-ueber-atomkraftwerken
HEIGHTTECH 2014	Height-Tech Drohnen - der Inbegriff von Windstabilität und Flugpräzision; http://heighttech.com/produkte/
HIRSCH 2004	Terrorangriffe auf deutsche Atomkraftwerke, Darstellung der Gefahren und Bewertung der Gegenmaßnahmen unter besonderer Berücksichtigung der Gegebenheiten an den Standorten Biblis und Brunsbüttel; Helmut Hirsch, Oda Becker, Wolfgang Neumann; Bericht für Greenpeace Deutschland e.V.; Überarbeitete Fassung; Hannover, April 2004
HONELLIO 2005	Sabotage vulnerability of nuclear power plants; A. L. Honnellio u. S. Rydell; Konferenzbeitrag „Nuclear Energy and Security (NUSEC)“, Universität Salzburg, 20.–23.07.2005
LARGE 2012	Vulnerability of French Nuclear Power Plants to Aircraft Crash, John Large; im Auftrag von Greenpeace Frankreich; April 2012
LELIEVELD 2012	Global risk of radioactive fallout after major nuclear reactor accidents, J. Lelieveld, D. Kunkel, and M. G. Lawrence Atmos. Chem. Phys., 12, p.4245-4258, 2012.
LU.-WORT 2014	Luxemburger Wort: Rätselraten über Drohnen: Wer steckt dahinter? 03.11.2014; http://www.wort.lu/de/international/sicherheit-der-franzoesischen-atomkraftwerke-raetselraten-ueber-drohnen-wer-steckt-dahinter-545740b6b9b39887080826ed ; eingesehen im November 2014
MAJER 2012	Abschlussbericht zum Kernkraftwerk Cattenom; Dieter Majer; erstellt unter der Mitwirkung des Ministeriums für Gesundheit Luxemburg, des Ministeriums für Umwelt, Energie und Verkehr des Saarlandes und des Ministeriums für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landesplanung Rheinland-Pfalz. Februar 2012
MAKHIJANI 2012	Post-Fukushima Nuclear Safety in France: Analysis of the Complementary Safety Assessments (CSAs), Makhijani, A. (I.E.R.); Marignac, Y. (Wise); March 2, 2012
NOVOSTI 2007a	Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Russland liefert wieder Waffen in den Nahen Osten, 19.06.2007, http://de.rian.ru/safety/20070619/67446073.html , eingesehen im März 2007

NOVOSTI 2007b	Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Waffenmarkt: Algerien kann Indien und China bei Waffenkäufen in Russland übertreffen, 05.04.2007, http://de.rian.ru/business/20070405/63137770.html , eingesehen im März 2010
NOVOSTI 2009	Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Russische Panzerabwehr-Raketen sorgen für Furore auf IDEF-2009, 30.04.2009, http://de.rian.ru/safety/20090430/121393495.html , eingesehen im März 2010
NOVOSTI 2014	Russische Informations- und Nachrichten Agentur Novosti: Irakische Armee setzt erstmals russisches System Kornet gegen IS-Kämpfer ein; 22.09.2014; http://de.ria.ru/security_and_military/20140922/269607104.html ; eingesehen im November 2014;
NZZ 2014	Neue Züricher Zeitung: Mysteriöse Drohnen über französischen AKW; 1.11.014; http://www.nzz.ch/panorama/mysterioese-drohnen-ueber-franzoesischen-akw-1.18416151
ÖKO-Institut 2012	Ökoinstitut/Physikerbüro: Analyse der Ergebnisse des EU Stresstest der Kernkraftwerke Fessenheim und Bezau; Teil 1: Fessenheim; Christoph Pistner, Mathias Brettner, Christian Küpper, Stephan Kurth, Simone Mohr. Im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg; Darmstadt, 11.10.2012
PICHLER 2014	Presstext (Nachrichtenagentur): China testet erfolgreich Anti-Drohnen-Laser; Schnelles System soll verstärkt zur Terrorabwehr eingesetzt werden. Pichler, 03.11.2014; http://www.presstext.com/news/20141103016 ; eingesehen im November 2014
SEIFERT 2014	umweltFairaendern.de: "VS-vertraulich" – Atommeiler und Anti-Terror-Schutz – Rechte Dritter bleiben auf der Strecke; Dirk Seifert 6. Mai 2014 http://umweltfairaendern.de/2014/05/vs-vertraulich-atommeiler-und-anti-terror-schutz-rechte-dritter-bleiben-auf-der-strecke/ , eingesehen im November 2014
STERN 2014	Stern: Juist wird von „Paketkopter“ angefliegen: 24. September 2014, http://www.stern.de/wirtschaft/news/dhl-testet-drohnen-juist-wird-von-paketkopter-angeflogen-2140565.html ; eingesehen im November 2014
TAGESSCHAU 2014	Regierung leitet Untersuchung ein, Drohnen über Frankreichs Atommeilern; 30.10.2014; http://www.tagesschau.de/ausland/drohnen-ueber-akw-in-frankreich-101.html
WELT 2009	Die Welt: Drei Häftlinge fliehen per Helikopter; 23.07.2009; http://www.welt.de/vermishtes/article4180865/Drei-Haeflinge-fliehen-mit-dem-Helikopter.html ; eingesehen im November 2014

Anhang

A1: Standorte und Baureihen der französischen Atomkraftwerke

In Frankreich werden insgesamt 58 Druckwasserreaktoren an 19 AKW-Standorten betrieben. Sie werden in drei Klassen (baugleiche Typen) unterteilt [ASN 2011]:

- 34 Reaktoren der 900 MW Klasse, unterteilt in die Serien
 - CPo (**Bugey, Fessenheim**),
 - CP1 (**Le Blayais, Dampierre-en-Burly, Gravelines, Tricastin**) und
 - CP2 (**Chinon, Cruas-Meyssse, Saint-Laurent-des-Eaux**),
- 20 Reaktoren der 1300 MW Klasse, unterteilt in die Serien
 - P4 (**Flamanville, Paluel, Saint-Alban**) und
 - P4' (**Belleville-sur-Loire, Cattenom, Golfech, Nogent-sur-Seine, Penly**)
- 4 Reaktoren der 1450 MW Klasse oder
 - N4 Serie (**Chooz, Civaux**).

In „fett“ sind die Atomkraftwerke markiert, für die bisher Drohnenüberflüge bekannt wurden (Stand 08.11.2014).

A2: Daten einiger militärischer und ziviler Drohnen

Tabelle 1: Daten zum Containment der Reaktoren der 900 MW und 1300 MW Klasse [LARGE 2012]

	Druckwasserreaktoren 900 MW Klasse	Druckwasserreaktoren 1300 MW Klasse
Containment Typ	einfach [m]	doppelt [m]
Innerer Radius	18,50	22,50
Gebäudehöhe	60,35	65,95
Wanddicke	0,90	0,90
Kuppeldicke	0,80	0,95
Innenliner	0,006	Nicht vorhanden

Tabelle A2: Daten einiger militärischer Drohnen

Bezeichnung	Land/Hersteller	Flugdauer [h]	Geschwindigkeit [km/h]	Spannweite/Länge/Höhe [km/h]	Gewicht [kg]	Nutzlast [kg]	Einsatz seit/Armeen
ALADIN	Deutschland/EMT	1	40–70	1,46/1,57/0,38	4		2005/Deutschland, Niederlande
Honeywell RQ -16 T-Hawk	USA/Honywell Aeospace	46	85	0,36	7,7		2007/USA
Puma AE	USA/AeroVironment	3,5	83	2,8/1,4	6,1		2012/USA, Dänemark, Schweden
RQ -11 Raven	USA/AeroVironment	1,5	32–81	1,4	1,9		2003/USA, UK, Australien, Italien, Dänemark, Niederlande, Spanien, Tschechische Republik
LUNA	Deutschland, EMT	6	70	4,17/2,36/0,87	40	4	2000/Deutschland
RQ -7 Shadow 200	USA/AAI Cooperation	6–7	148–250	4,27/3,4/0,86	90 (Leer)	25,3	2004/USA, Schweden, Italien, Australien
KZO	Deutschland/Rheinmetall	2,5	120–210	3,42/2,26/0,96	168	30	2005/Deutschland
RQ -5A Hunter	USA, Israel/Northrop Grumman	21	250	10,50/6,90/1,7	885	100	1996/USA, Frankreich, Belgien

Tabelle A3: Daten einiger ziviler Drohnen

Name	Hersteller	Nutzlast [kg]	Geschwindigkeit [km/h]	Durchmesser/Höhe [m]	Flughöhe [m]	Flugzeit min]
Y-Copter	General View (Deutschland)	4	Keine Angaben vorhanden			
Oktocopter		6				
Hexacopter		8				
HT-6 (Hexacopter)	High-Tech GmbH (Deutschland)	1,8	60	0,63/0,35		14
HT-8 (Octocopter)		2,65	70	0,90/0,45		20
HT-8 C180 (Octocopter)		2,60	65	1,00/0,26		18

➔ **Kein Geld von Industrie und Staat**

Greenpeace ist international, überparteilich und völlig unabhängig von Politik, Parteien und Industrie. Mit gewaltfreien Aktionen kämpft Greenpeace für den Schutz der Lebensgrundlagen. Mehr als eine halbe Million Menschen in Deutschland spenden an Greenpeace und gewährleisten damit unsere tägliche Arbeit zum Schutz der Umwelt.