

Dipl.-Ing. Dieter Majer Wiesbaden, 1.7.2013  
Ministerialdirigent a.D.  
Junkernstr. 32  
65205 Wiesbaden  
Tel. +49(0)612 214225  
mobil +49(0)152 22035959

# **Gutachterliche Stellungnahme zu den Auswirkungen von Flugzeugunglücken und von gezielten Flugzeugabstürzen auf Atomkraftwerke**

im Auftrag von  
.ausgestrahlt  
Marienthaler Str. 35  
20535 Hamburg  
[www.ausgestrahlt.de](http://www.ausgestrahlt.de)

# Inhalt

Zusammenfassung.....	2
1.Unfallbedingter Flugzeugabsturz .....	3
2.Erzwungener Flugzeugabsturz .....	3
3.Auslegung der deutschen Atomkraftwerke im Hinblick auf den Absturz eines Flugzeuges .....	3
4.Mögliche Folgen eines Absturzes eines modernen Großflugzeuges.....	4
5.Maßnahmen zur Verhinderung der negativen Folgen eines Flugzeugabsturzes.....	6
6.Schlussfolgerungen.....	7
7.Verwendete Literatur (Auszug).....	7

## Zusammenfassung

Die gutachterliche Stellungnahme behandelt Auswirkungen, die sich bei einem Flugzeugabsturz auf eines der in Deutschland betriebenen Atomkraftwerke ergeben können. Ein Flugzeugabsturz auf ein Atomkraftwerk kann seine Ursache in einem flugtechnischen Unfall haben, er kann aber auch gezielt durch einen Terrorakt herbeigeführt werden. Zunächst wird kurz auf die Möglichkeiten eines unfallbedingten Absturzes und eines erzwungenen Absturzes eingegangen. Beide Absturzarten sind nicht ausgeschlossen.

Im Hauptteil befasst sich die gutachterliche Stellungnahme mit den Auslegungsmerkmalen der in Deutschland betriebenen Atomkraftwerke im Hinblick auf die Widerstandsfähigkeit bei Flugzeugabstürzen sowie mit den möglichen katastrophalen Folgen eines Flugzeugabsturzes. Es wird aufgezeigt, dass keines der zurzeit in Deutschland betriebenen Atomkraftwerke gegen den Absturz eines Flugzeuges ab einer mittleren Größe ausgelegt ist. Vor diesem Hintergrund werden mögliche Schadensszenarien eines solchen Absturzes dargelegt. Die beiden letzten Kapitel zeigen, dass es keine umfassenden Nachrüstmöglichkeiten zur Vermeidung der Risiken gibt und deshalb die Abschaltung der Atomkraftwerke geboten ist.

## **1. Unfallbedingter Flugzeugabsturz**

Praktisch alle in Deutschland betriebenen Atomkraftwerke liegen unterhalb von Flugrouten sowohl von Militärmaschinen als auch von zivilen Flugzeugen. Ein flugtechnischer Unfall, der letztendlich zu einem Absturz auf ein Atomkraftwerk führt, kann deshalb nicht ausgeschlossen werden. Zwar ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Flugzeug auf ein in Betrieb befindliches Atomkraftwerk unfallbedingt abstürzt, relativ gering, doch bei dem enormen Schaden, der bei einem solchen Absturz entstehen kann, muss trotzdem von einem erheblichen Risiko gesprochen werden.

## **2. Erzwungener Flugzeugabsturz**

Spätestens seit den Anschlägen auf das New Yorker World Trade Center am 11. September 2001 ist die Gefahr eines erzwungenen Flugzeugabsturzes bzw. der terroristische Angriff auf ein Ziel mit Hilfe eines zivilen Verkehrsflugzeuges für jeden sichtbar geworden. Auch die deutschen und internationalen Sicherheitsbehörden schließen einen solchen Angriff nicht aus.

Erfahrene Piloten, z.B. Max Tobler, langjähriger Pilot bei Swissair, sind davon überzeugt, dass jeder ausgebildete Pilot ein Atomkraftwerk mit einem Großflugzeug zielgenau anfliegen kann. Es gibt auch Simulatoruntersuchungen, die zeigen, dass selbst Hobbypiloten in der Lage sind, ein gekapertes Großflugzeug auf ein Atomkraftwerk zu steuern. Angedachte Gegenmaßnahmen wie z.B. Vernebelung von Atomkraftwerken oder Abschaltung der GPS-Navigationsinfrastruktur im Falle eines Angriffes durch ein Großflugzeug haben sich entweder als unwirksam oder als nicht durchführbar erwiesen. Auch gezielte administrative und technische Maßnahmen in den Großflugzeugen selbst zur Verhinderung einer Kaperung sind lückenhaft und können somit letztendlich die Kaperung nicht ausschließen. Die bisher durchgeführten Maßnahmen zur Verhinderung von Flugzeugentführungen waren, wie Entführungsfälle der letzten Jahre gezeigt haben, nicht in jedem Falle wirksam.

Die in Deutschland diskutierte Möglichkeit des Abschusses von Großflugzeugen durch herbeigeeilte Militärmaschinen rechtzeitig vor dem Auftreffen eines Großflugzeuges auf ein Atomkraftwerk wäre wegen den dafür erforderlichen technischen und organisatorischen Voraussetzungen wenig zielführend, ganz abgesehen davon, dass, wie das Bundesverfassungsgericht in seiner Entscheidung vom 15.2.2006 zu Recht festgestellt hat, ein Abschuss mit dem Grundrecht auf Leben und mit der Menschenwürdegarantie des Grundgesetzes nicht vereinbar wäre.

Trotz aller bisher durchgeführten Maßnahmen kann ein erzwungener Flugzeugabsturz auf ein Atomkraftwerk in Deutschland nicht ausgeschlossen werden. Es stellt sich deshalb die Frage, mit welchen Konsequenzen bei einem Flugzeugabsturz auf ein in Deutschland betriebenes Atomkraftwerk zu rechnen ist.

## **3. Auslegung der deutschen Atomkraftwerke im Hinblick auf den Absturz eines Flugzeuges**

In Deutschland werden zur Zeit neun Atomkraftwerke zur Stromerzeugung betrieben, zwei davon sind Siedewasserreaktoren (Gundremmingen B + C) und sieben sind Druckwasserreaktoren, wobei sich diese Druckwasserreaktoren unterscheiden lassen in sogenannte Vor-Konvoi-Anlagen (Grafenrheinfeld, Philippsburg 2, Grohnde und Brokdorf) und Konvoi-Anlagen (Isar 2, Neckarwestheim 2 und Emsland). Im Hinblick auf die Verletzbarkeit der Anlagen durch einen Flugzeugabsturz mittlerer und großer Verkehrsmaschinen unterscheiden sich die Druckwasserreaktoren nur unwesentlich. Die beiden Siedewasserreaktoren in Gundremmingen weisen jedoch Unterschiede im Vergleich zu den Druckwasserreaktoren auf, die für die Auswirkungen eines Flugzeugabsturzes bedeutsam sein können. Der Wasserdampf-Kreislauf (Primärkreislauf) erstreckt sich vom Reaktorsicherheitsbehälter bis in das relativ un-

geschützte Maschinenhaus und ist deshalb schon aufgrund seiner Ausdehnung leichter verwundbar. Das Abschaltssystem mit den unter dem Reaktordruckbehälter angeordneten Abschaltstäben ist auf eine relativ leicht verwundbare komplizierte Mechanik angewiesen. Außerdem befinden sich die Brennelementlagerbecken außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters.

Zunächst ist festzustellen, dass kein deutsches Atomkraftwerk umfassend gegen den Absturz eines Flugzeuges ausgelegt ist. Bei der Errichtung der deutschen Atomkraftwerke hat man den Flugzeugabsturz nicht wie andere Auslegungsfälle – z.B. Bruch von Hauptkühlmittelleitungen, Erdbeben und Hochwasser – umfassend betrachtet, sondern man hat sich mit punktuellen Schutzmaßnahmen zufrieden gegeben. Dies hat dazu geführt, dass für den Flugzeugabsturz je nach Baujahr des Atomkraftwerks nur die zum jeweiligen Zeitpunkt zum Einsatz kommenden Militärmaschinen für diese punktuellen Schutzmaßnahmen betrachtet wurden. Zivilflugzeuge mit ihrer sehr viel größeren Masse und Treibstoffmenge blieben unbeachtet, sie und ihr möglicher Aufprall auf ein Atomkraftwerk flossen überhaupt nicht in die Genehmigungsprozesse ein. Diese Vorgehensweise führte dazu, dass lediglich die Reaktorsicherheitsbehälter<sup>1</sup> bzw. ihre Durchschlagfestigkeit betrachtet wurden. Bei den heute noch betriebenen Atomkraftwerken ging es konkret nur darum, ob sie die Stoßbelastung durch eine abstürzende Militärmaschine vom Typ „Phantom“ mit 20 t Gewicht und einer Auftreffgeschwindigkeit von 774 km/h überstehen würden. Wenn auf dieser Grundlage nun behauptet wird, die deutschen Atomkraftwerke seien gegen Flugzeugabstürze ausgelegt, dann ist dies sehr irreführend. Heutige Großflugzeuge, z.B. der A 380, besitzen eine Masse, die 25-mal größer ist als der damals zugrunde gelegte „Phantom“-Jet. Piloten haben bestätigt, dass es durchaus möglich ist, dass ein solches Flugzeug mit einer Geschwindigkeit von über 700 km/h aufprallt. Die Aufprallgeschwindigkeit eines der Flugzeuge ins World Trade Center betrug nach neueren Untersuchungen sogar 830 km/h.

Die Wirkung von Kerosinbränden und Explosionen, der Aufprall auf sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen außerhalb des Reaktorsicherheitsgebäudes wie Notstromdieselgebäude, Bauwerke der Notkühlstränge und Schaltanlagegebäude mit Schaltzentrale und Steuerungseinrichtungen sowie die Wirkung von starken Erschütterungen der Gesamtanlage durch den Aufprall (induzierte Erschütterungen) wurde, um nur einige wichtige Einwirkungen eines Flugzeugabsturzes auf ein Atomkraftwerk zu nennen, überhaupt nicht betrachtet.

## 4. Mögliche Folgen eines Absturzes eines modernen Großflugzeuges

Generell gilt: Der Aufprall eines modernen Großflugzeuges auf ein Atomkraftwerk, insbesondere der absichtlich herbeigeführte, kann zu einem nicht im Einzelnen prognostizierbaren Schadensumfang führen mit unübersehbaren katastrophalen Folgen.

Im Folgenden werden Szenarien nach einem Absturz auf ein Atomkraftwerk beschrieben, die sich parallel entwickeln und in ihrer Wirkung gegenseitig negativ beeinflussen können.

Beim Aufschlag eines Großflugzeuges auf das Atomkraftwerk kann es zu einer Durchdringung des Reaktorsicherheitsbehälters kommen. Dies wird ermöglicht insbesondere durch die Triebwerkswellen des Großflugzeuges mit ihrer hohen kinetischen Energie und dem erheblichen Durchdringungsvermögen. Die Triebwerkswellen haben im Vergleich zur innewohnenden kinetischen Energie einen kleinen Querschnitt, so dass sie sich wie ein Speer in die Betonstruktur des Reaktorsicherheitsbehälters hineinbohren können. Begünstigt wird diese Durchdringung insbesondere mit der geringen Zugfestigkeit von Beton. Eine mehr oder wenig große Öffnung im Reaktorsicherheitsbehälter wäre die Folge. Damit wäre die wichtigste Barriere zur Zurückhaltung von radioaktiven Stoffen zerstört. Die im Reaktorsicherheitsbehälter befindliche Radioaktivität könnte ungehindert nach außen gelangen.

1 Der Reaktorsicherheitsbehälter ist eine Stahlbetonhülle, in dessen Inneren sich die wichtigsten Komponenten eines Atomkraftwerkes wie Reaktordruckbehälter mit den Brennelementen, die Dampferzeuger, Hauptkühlmittelpumpen und die verbindenden Rohrleitungen befinden. Eine Beschädigung dieser Komponenten ist in der Regel mit großen Freisetzungen radioaktiver Stoffe verbunden.

Die kinetische Energie würde vermutlich auch ausreichen, um im Inneren des Reaktorsicherheitsbehälters wichtige Sicherheitseinrichtungen redundanzübergreifend<sup>2</sup> zu beschädigen bzw. zu zerstören. Die geschossartig eindringenden Triebwerkswellen könnten den Reaktordruckbehälter,<sup>3</sup> die Hauptkühlmittelleitung,<sup>4</sup> die Leitungen der Notkühleinrichtungen und die elektronischen Einrichtungen so beschädigen oder zerstören, dass es zu großen Kühlmittelverluststörfällen kommt. Die Folge wäre die Freilegung von Brennelementen, wobei es bei einer schweren Beschädigung des Reaktordruckbehälters unerheblich wäre, ob die Notkühleinrichtungen noch intakt wären, denn bei einem größeren Leck im Reaktordruckbehälter reichen die Notkühleinrichtungen nicht aus, um die Brennelemente ausreichend zu kühlen. Die dann nicht ausreichend gekühlten Brennelemente würden sich binnen kurzer Zeit kurzfristig auf über 2.000 Grad Celsius erhitzen. Eine Kernschmelze mit all ihren negativen Auswirkungen wäre die Folge.

Würde der Flugzeugabsturz während des Leistungsbetriebs des Reaktors stattfinden, so könnte durch die Triebwerkswellen auch die automatisch ausgelöste Abschaltung des Reaktors und damit die Unterbrechung der Kernspaltung verhindert werden. Die eingedungenen Triebwerkswellen könnten die Stabführungen der Abschaltstäbe<sup>5</sup> und auch die Abschaltstäbe selbst in ihrer Geometrie so verändern, dass es zu Verklemmungen und damit zu einer unzureichenden Neutronenabsorption kommt. Die Kernschmelze würde dann noch erheblich schneller eintreten.

Selbst wenn die Schnellabschaltung des Reaktors durch den Einfall bzw. Einschuss der Abschaltstäbe erfolgreich wäre, könnte der Flugzeugabsturz zu einer Verlagerung der Brennelemente bzw. deren Reste im Kern und damit zu einer späteren sogenannten Rekritikalität des Reaktorkerns führen, d.h. es könnte erneut zu einer Kernspaltung und damit zu einer starken Wärmeproduktion kommen. Die Kernschmelzprozesse würden beschleunigt.

Der Aufprall einer großen Verkehrsmaschine würde zur Freisetzung von bis zu 300.000 Liter brennbaren Kerosins führen. Sowohl außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters als auch im Inneren des Reaktorsicherheitsbehälters würden enorme Brände und starke Explosionen verursacht. Die Brände und Explosionen außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters könnten zu weiteren Beschädigungen der Integrität des Reaktorsicherheitsbehälters und anderer sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen außerhalb des Reaktorsicherheitsbehälters führen. Beispielsweise könnten die Notstromdiesel, die Schaltanlagen im Schaltanlagegebäude und die Notkühleinrichtungen ihre Funktionsfähigkeit verlieren. Auch im Innern des Reaktorsicherheitsbehälters würden durch eingetragenes Kerosin schwere Brände bis hin zu Explosionen entstehen. Mit der Zerstörung der elektrischen Versorgungsleitungen und elektronischen Steuerungsleitungen wäre zu rechnen.

Die Brände und Explosionen würden auch zum Ansaugen von Verbrennungsrückständen in die Lüftungsanlagen von Räumen und luftverbrauchenden technischen Einrichtungen führen, mit der Folge, dass sicherheitsgerichtete Personenhandlungen nur noch eingeschränkt möglich wären und die entsprechenden technischen Einrichtungen wie Notstromdiesel ihren Dienst versagen würden.

Die enorme Masse von mehreren Hundert Tonnen eines modernen Verkehrsflugzeuges würde bei einem Aufprall auf das Reaktorsicherheitsgebäude zu sogenannten induzierten Erschütterungen führen. Die im Reaktorsicherheitsbehälter befindlichen Komponenten wie Reaktordruckbehälter, Hauptkühlmittelpumpen, Dampferzeuger, Hauptkühlmittelleitungen und Notkühlleitungen würden Beschleunigungen und damit Kräften ausgesetzt werden, die mit sehr starken Erdbebenbeschleunigungen vergleichbar wären, gegen die das Kraftwerk nicht ausgelegt ist. Große Lecks bis hin zu Brüchen an diesen Komponenten wären die Folgen. Die Alterung vieler Kraftwerkskomponenten, insbesondere die Versprödung des Reaktordruckbehälters durch den jahrelangen Neutronenbeschuss würde die Zerstörung durch die induzierten Erschütterungen noch begünstigen.

2 Redundanzübergreifend bedeutet hier, dass die mehrfach vorhandenen Sicherheitseinrichtungen gleichzeitig beschädigt werden.

3 Im Reaktordruckbehälter befinden sich die Brennelemente mit dem radioaktiven Inventar.

4 Die Hauptkühlmittelleitung verbindet die wichtigsten Komponenten im Atomkraftwerk: Reaktordruckbehälter, Hauptkühlmittelpumpen und Dampferzeuger.

5 Abschaltstäbe dienen zur Neutronenabsorption im Reaktordruckbehälter. Bei eingefahrenen Abschaltstäben stehen keine Neutronen mehr für die Kernspaltung zur Verfügung.

Selbst wenn beim Absturz nicht unmittelbar das Reaktorsicherheitsgebäude getroffen wird, können auf dem Kraftwerksgelände andere sicherheitstechnisch wichtige Einrichtungen und Systeme so beschädigt werden, dass mit schweren kerntechnischen Unfällen zu rechnen ist. Werden zum Beispiel die Notstromdiesel und gleichzeitig die Anbindung des Kraftwerkes an das Stromnetz zerstört, so ist die Anlage nicht mehr in der Lage, eine Kernschmelze zu vermeiden. Durch den entstehenden Kerosinbrand auf dem Kraftwerksgelände wäre die Notsteuerstelle für den Fall, dass die Warte in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt wird, vermutlich nicht durch das Wartpersonal erreichbar. Die schwer beschädigte Anlage wäre sich selbst überlassen.

Großräumige Zerstörungen auf dem Gelände können darüber hinaus bewirken, dass es keine Zugangs- und damit Eingriffs- und Reparaturmöglichkeiten für das Personal mehr gibt, jedenfalls nicht innerhalb des erforderlichen Zeitraumes von wenigen Stunden.

Welche Gefahren drohen, wenn die Kühlsysteme der Brennelementlagerbecken zerstört werden, ist beim Unfall in Fukushima deutlich geworden. Das Atomkraftwerk in Gundremmingen hat als einziges noch laufendes Atomkraftwerk in Deutschland und anders als die Druckwasserreaktoren seine Brennelementlagerbecken außerhalb der Reaktorsicherheitsgebäude. Die Brennelementlagerbecken beider Reaktoren dort sind deshalb bei einem Flugzeugabsturz besonders leicht verwundbar. Werden die Kühleinrichtungen eines Brennelementlagerbeckens durch einen Flugzeugabsturz zerstört, so kommt es im Brennelementlagerbecken zu Überhitzungen mit der Folge der Produktion von großen Mengen Wasserstoff, die dann, wie in Fukushima geschehen, zu Explosionen führen würden.

Mittelbar können durch Trümmerwirkungen (unter Trümmern werden hier sowohl Flugzeugwrackteile als auch Trümmer aus dem Versagen von Bauwerken oder anderer Anlagenteile verstanden) und Folgebrände weitere erhebliche Zerstörungen sicherheitstechnisch wichtiger Einrichtungen die Folge sein.

Ein Flugzeugabsturz kann auch zu Bränden in Komponenten führen, die Radionuklide enthalten. Hierzu zählten die Ionenaustauscher der Primärwasserreinigungsanlage, zugehörige Harzabfallbehälter und andere Komponenten und Systeme mit ähnlich hohen Aktivitäten.

Die derzeit veröffentlichten Analysen im Hinblick auf den Flugzeugabsturz lassen den Schluss zu, dass auch für Verkehrsmaschinen mittlerer Größe Szenarien wie oben beschrieben nicht auszuschließen sind. Hinzu kommt, dass beim oben beschriebenen negativen Szenario eines herbeigeführten Flugzeugabsturzes relativ leicht eine zweite Terrorgruppe den „Erfolg“ der Terroraktion noch absichern kann – indem sie etwa gleichzeitig mit dem Flugzeugabsturz die Stromverbindung des Kraftwerkes nach außen unterbricht, z.B. durch Sprengung von Strommasten.

Flugzeugabstürze, bei denen das oben beschriebene Szenario die Folge ist, führen in sehr kurzer Zeit (Abschätzungen zufolge innerhalb einer Stunde) zum Schmelzen des Reaktorkerns. Radioaktivität wird aus dem geschmolzenen Brennstoff freigesetzt und kann, da der Reaktorsicherheitsbehälter zerstört ist, praktisch ohne Zeitverzögerung und damit auch ohne Rückhalteeffekte im Gebäude ins Freie gelangen. Die Zeit, die für Maßnahmen des Katastrophenschutzes zur Verfügung steht, ist deshalb besonders kurz.

## **5. Maßnahmen zur Verhinderung der negativen Folgen eines Flugzeugabsturzes**

Die Möglichkeiten, die Sicherheit gegen Abstürze mittlerer und großer Verkehrsflugzeuge durch technische Nachrüstungen zu erhöhen, sind außerordentlich begrenzt. Es sind allenfalls Verbesserungen im Detail möglich, nicht aber eine wesentliche Verringerung des Risikos.

Bauliche Maßnahmen, für die es Konzeptentwürfe gibt, scheiden – abgesehen von erheblichen Zweifeln an ihrer Realisierbarkeit – als ernsthafte Möglichkeit schon deshalb aus, weil sie angesichts einer langen Planungs-, Prüfungs- und Bauzeit innerhalb der Restlaufzeit der Atomkraftwerke keinen ausreichenden Schutz mehr bieten könnten.

## 6. Schlussfolgerungen

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand ist die Beherrschung eines Absturzes eines Verkehrsflugzeuges mittlerer Größe und insbesondere eines modernen Großflugzeuges, z.B des A 380, auf ein Atomkraftwerk nicht nachgewiesen. Auch als sehr unwahrscheinlich geltende Ereignisse treten irgendwann mal ein. Großräumige, schwere Schäden in der Umgebung eines vom Absturz betroffenen Atomkraftwerkes können deshalb nicht ausgeschlossen werden. Da erfolgversprechende Nachrüstmaßnahmen nicht möglich sind, bleibt zur Vermeidung der nicht hinnehmbaren Risiken nur die kurzfristige Abschaltung aller Atomkraftwerke in Deutschland.

## 7. Verwendete Literatur (Auszug)

- [1] RSK (Reaktorsicherheitskommission): Anlagenspezifische Sicherheitsüberprüfung (RSK-SÜ) deutscher Kernkraftwerke unter Berücksichtigung der Ereignisse in Fukushima-I Japan  
Berlin, 14.05.2011
- [2] Bewertung des Unfallrisikos fortschrittlicher Druckwasserreaktoren in Deutschland Methoden und Ergebnisse einer umfassenden Probabilistischen Sicherheitsanalyse (PSA)  
ENTWURF ZUR KOMMENTIERUNG GRS - 175 Oktober 2001
- [3] BMU Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke  
vom 22. November 2012