



Arbeiten und Ergebnisse der Überprüfungsverfahren nach den Fukushima-Ereignissen

Hans-Georg Willschütz, Frank Diercks
E.ON Kernkraft GmbH
Hannover

43. Kraftwerkstechnisches Kolloquium
19. Oktober 2011, Dresden

Übersicht

- Chronologie
- Inhalt/Umfang RSK-SÜ
- EU-Stresstest
- Folgemaßnahmen
- Ausblick

chronologischer Überblick

- 09/2009: CDU und FDP gewinnen Bundestagswahl, trotz angekündigter Befürwortung einer Laufzeitverlängerung
- 09 bis 12/2010: Beschluss Laufzeitverlängerung (inkl. Nachrüstliste)
- 11.03.2011 Tohoku-Erdbeben / Tsunami / Beginn Fukushima-Unglück
- 14.03.2011: Bundesregierung verfügt 3-monatiges Moratorium
- 17.03.2011: BMU beauftragt RSK mit Sicherheitsüberprüfung
- 30.03.2011: 434.-RSK-Sitzung: Verabschiedung Anforderungskatalog
- 11.04.2011: 1. Bericht der Bundesnetzagentur zur Netzstabilität
- 14.05.2011: 437.-RSK-Sitzung: Stellungnahme Sicherheitsüberprüfung
- 30.05.2011: Stellungnahme der Ethik-Kommission „Sichere Energieversorgung“
- 31.07.2011: Bundestag verabschiedet 13. Novelle des Atomgesetzes: „Ausstiegsbeschluss“
- 31.10.2011: Stellungnahme Betreiber zu EU-Stresstest
- in 2012: Peer-Review im EU-Stresstest

e.on Kernkraftwerke in Deutschland



- Kernkraftwerk, Betriebsführung
- Kernkraftwerk, stillgelegt und im Rückbau
- Kernkraftwerk, Beteiligung

Anforderungen an den Notfallschutz

- Sicherheitskriterien für Kernkraftwerke mit Interpretationen
- RSK-Leitlinien für Druckwasserreaktoren
- Bekanntmachungen des BMU ("Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz")
 - RSK-Leitlinien
 - RSK-Empfehlungen
 - SSK-Empfehlungen
- KTA 1203 „Anforderungen an das Notfallhandbuch“
- Anforderungskatalog Laufzeitverlängerung (09/2010)

Beispiel aus Anforderungskatalog (insges. 42 „Punkte“)



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Sicherheitstechnische Anforderungen / Maßnahmen zur weiteren Vorsorge gegen Risiken

.....

**Verbesserung der präventiven und mitigativen Maßnahmen im Rahmen des
Notfallschutzes**

kurzfristig:

.....

18. Entwicklung von Severe Accident Management Guidelines (SAMGs) und
Aufnahme in das Betriebsreglement. (DWR, SWR)

Historie: Von Auslegungsstörfällen zu Notfallmaßnahmen bei Kernschmelzen

- Bis 1979 (TMI-Störfall) wurde die Störfallbehandlung allein im BHB beschrieben. Es handelte sich um Auslegungsstörfälle, deren Beherrschung ein Teil der Genehmigung war. Die Anweisungen erfolgten ereignisorientiert.
- Nach 1979 wurde das BHB um die so genannte „zustandsorientierte Behandlung“ erweitert. Unabhängig von Ereignissen wurden Schutzziele definiert, die einzuhalten sind.
- Deutsche Risikostudie A und B (1979 und 1989).
- Erkenntnisse resultierten in RSK-Empfehlungen zu Anforderungen an den anlageninternen Notfallschutz.

Historie: Von Auslegungsstörfällen zu Notfallmaßnahmen bei Kernschmelzen

- In Deutschland wurden Hardware-Maßnahmen beschlossen (RSK) und in den Anlagen umgesetzt:

- Bleed und Feed, sekundärseitig
- Bleed und Feed, primärseitig
- 3. Netzeinspeisung präventiv
- diversitäre (Not-)Druckbegrenzung (SWR)
- Inertisierung des Sicherheitsbehälters (SWR)
- Wartenluftfilterung

- Katalytische bzw. thermische Wasserstoffrekombinatoren
- Probenahmesystem mitigativ
- Gefilterte Sicherheitsbehälter Druckentlastung

Alle Maßnahmen beziehen sich auf den auslegungsüberschreitenden Bereich. Die letzten 3 auf den mitigativen Bereich nach Kernschmelzen.

Historie: Von Auslegungsfällen zu Notfallmaßnahmen bei Kernschmelzen

- Im Ausland (angeführt von USA), wo Bleed und Feed primärseitig bereits im BHB behandelt wird, gab es kaum Hardware-Nachrüstungen, sondern es wurden s. g. SAMG eingeführt (Severe Accident Management Guidelines).
- SAMG basieren auf:
 - Simulation von Kernschmelzszenarien bis zum SB-Versagen
 - Abschätzungen von Unfallverläufen
 - Durchzuführende Maßnahmen mit vorhandener Hardware
- Im europäischen Ausland (Frankreich, Schweiz, Niederlande) wurden auf Basis von Sicherheitsbeurteilungen / Anordnungen SAMG seit Ende der 90er Jahre eingeführt.

Begrifflichkeit

- SAMG (USA, Ausland):
übergreifend präventive und mitigative Notfallmaßnahmen
- Integriertes Notfallmanagement (Schweiz)
- Deutschland:
präventive und mitigative Notfallmaßnahmen im NHB

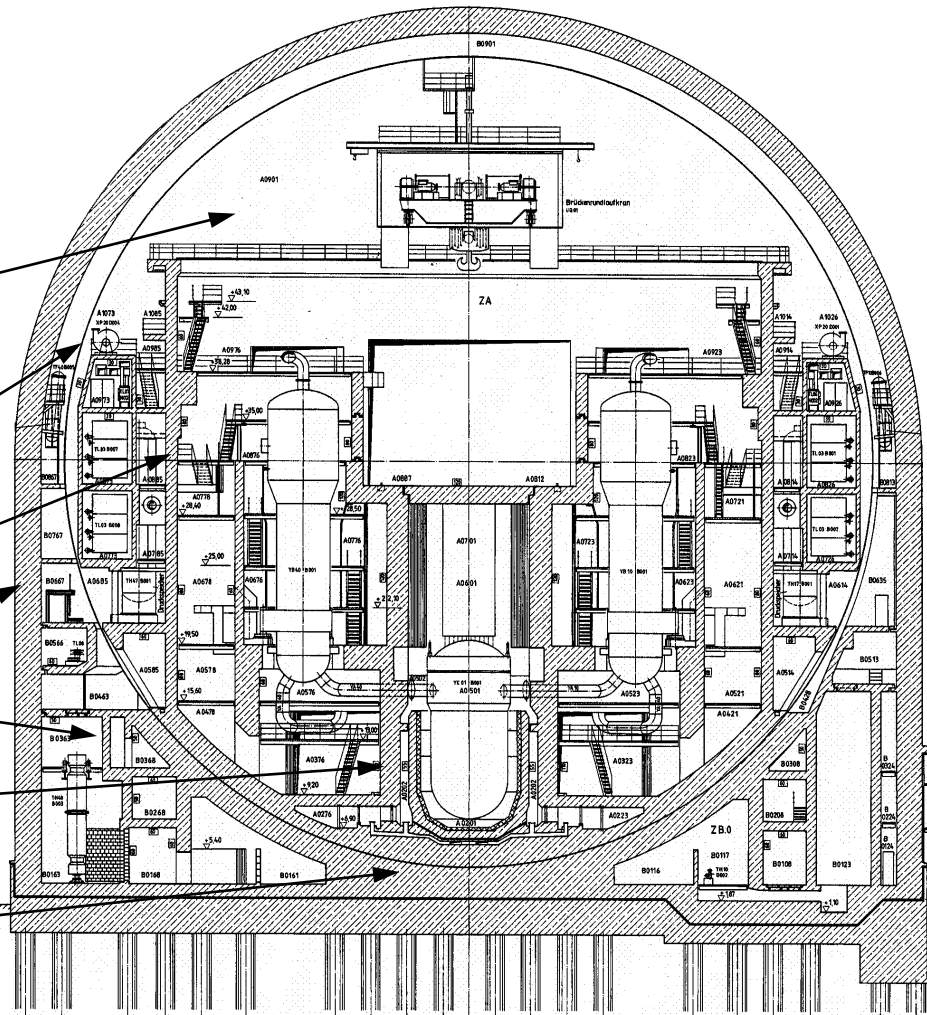
PSA Stufe 2

- Durchführung von anlagenspezifischen PSA der Stufe 1 und 2 nach Leitfaden
- IAEA-Zielwert für Kernschadenzustände bei Neuanlagen: $< 10^{-5}/a$
- PSA Stufe 2 Ergebnis „Häufigkeit großer, früher Freisetzung“ (LERF):
 - IAEA-Safety-Guide 1.2 Zielwert für Neuanlagen: $< 10^{-6}/a$
(Safety Assessment and Verification for Nuclear Power Plants)
- Neuere abgeschlossene PSA (Stufe 2 Spektrum: interne Ereignisse / Leistungsbetrieb) für deutsche LWR zeigen gute Ergebnisse.
- Ursachen u.a.: Robustes Anlagendesign, hohe Komponentenzuverlässigkeit, gut ausgebildetes Personal, ständiges Nachführen der Anlagen an den Stand von WuT (Beispiel: präventive und mitigative Maßnahmen)

Beispiel: Eigenschaften der KWU-DWR bzgl. Verhalten bei Kernschmelzunfällen

Grundauslegung:

- Großes SHB-Volumen und -Flächen
- hoher SHB-Versagensdruck
- Trümmerschutzzylinder
- Sekundärabschirmung
- Ringraum-Absaugesystem
- RDB-Tragschild
- Massive Betonstrukturen unterhalb des RDB



(präventiv und) mitigativ wirkende Notfalleinrichtungen:

- 3. Netzeinspeisung
- Primärseitige Druckentlastung
- Sekundärseitige Druckentlastung
- H₂-Rekombinatoren
- Gefilterte Druckentlastung

RSK-Sicherheitsüberprüfung: Kriterien und Einordnung (1)

- Naturbedingte Einwirkungen von außen
 - Erdbeben
 - Basislevel: 100.000-jährliches Erdbeben
 - Level 1: + 1 Intensitätsstufe, IS
 - Level 2: + 2 Intensitätsstufen
 - Level 3: + 2 IS auszuschließen oder vorhandene Sicherheitssysteme
 - Hochwasser
 - Basislevel: 10.000-jährliches Hochwasser
 - Level 1: Abflussfaktor 1,5 bzw. 1 m höher
 - Level 2: Abflussfaktor 2,0 bzw. 2 m höher
 - Level 3: wie Level 2, ohne temporäre Maßnahmen

RSK-Sicherheitsüberprüfung: Kriterien und Einordnung (2)

- unabhängige erweiterte Postulate
 - station blackout, SBO
 - Basislevel: trotz div. Vorkehrungen, Beherrschung SBO <2h
 - Level 1: Beherrschung SBO >10h
 - Level 2: EVA-geschützte diversitäre Notstromversorgung
 - Level 3: zus. zu Level 2 Einhaltung der Schutzziele für min. 10 h
 - lang andauernder Notstromfall
 - Basislevel: Beherrschung bis 72 h
 - Level 1: Lieferung von Hilfs-/Betriebsstoffen innerhalb 24 h auch bei EVA
 - Level 2: Betrieb der Notstromanlage f. 1 Woche bei EVA ohne ext. Zufuhr
 - Level 3: mobile Notstromanlage innerhalb 72 h einsetzbar (mit EVA)

RSK-Sicherheitsüberprüfung: Kriterien und Einordnung (3)

- unabhängige erweiterte Postulate
 - Ausfall Nebenkühlwasser
 - Basislevel: n+2 Nebenkühlwasseranlagen auch bei EVA
 - Level 1: Beherrschung mithilfe von Notfallmaßnahmen
 - Level 2: weitere diversitäre und redundante (n+1) NKW-Stränge vorhanden
 - Level 3: zus. zu Level 2 diversitäre NKW-Stränge komplett unabhängig
- Robustheit von Vorsorgemaßnahmen (Cliff-edge-Effekte)
- Erschwerende Randbedingungen für die Durchführung von Notfallmaßnahmen
- Gasfreisetzung: Explosionsdruckwelle/brennbare Gase/toxische Gase
- Unfall in Nachbarblock

RSK-Sicherheitsüberprüfung: Kriterien und Einordnung (4)

- Zivilisatorisch bedingte Ereignisse
 - Flugzeugabsturz (Erhalt vitaler Funktionen beim Absturz eines...)
 - mechanischer Schutzgrad 1: Militärflugzeugs vom Typ Starfighter
 - mechanischer Schutzgrad 2: mittleren Verkehrsflugzeugs
 - mechanischer Schutzgrad 3: großen Verkehrsflugzeugs
 - Freisetzungen und Brand von Treibstoffen:
 - thermischer Schutzgrad 1: Militärflugzeug vom Typ Starfighter
 - thermischer Schutzgrad 2: mittleren Verkehrsflugzeugs
 - thermischer Schutzgrad 3: großen Verkehrsflugzeugs
- Terroristische Einwirkungen
 - thermisch-mechanische Angriffe
 - Angriffe von außen auf rechnerbasierte Steuerungen und Systeme

mögliche RSK Weiterverfolgung: Beispielpunkte

- Erdbeben:
 - Zustände des Nichtleistungsbetriebs (z.B. gefluteter Flutraum bei BE-Wechsel)
 - Erneute Betrachtung der Bemessungserdbeben
- Robustheit der Vorsorgemaßnahmen
- Erschwerende Randbedingungen für die Durchführung von Notfallmaßnahmen

Fazit der RSK vom 14. Mai 2011

„**Aus den Erkenntnissen zu Fukushima** im Hinblick auf die Auslegung dieser Anlagen **ergibt sich, dass** hinsichtlich der Stromversorgung und der Berücksichtigung externer Überflutungsereignisse **für deutsche Anlagen eine höhere Vorsorge festzustellen ist.**

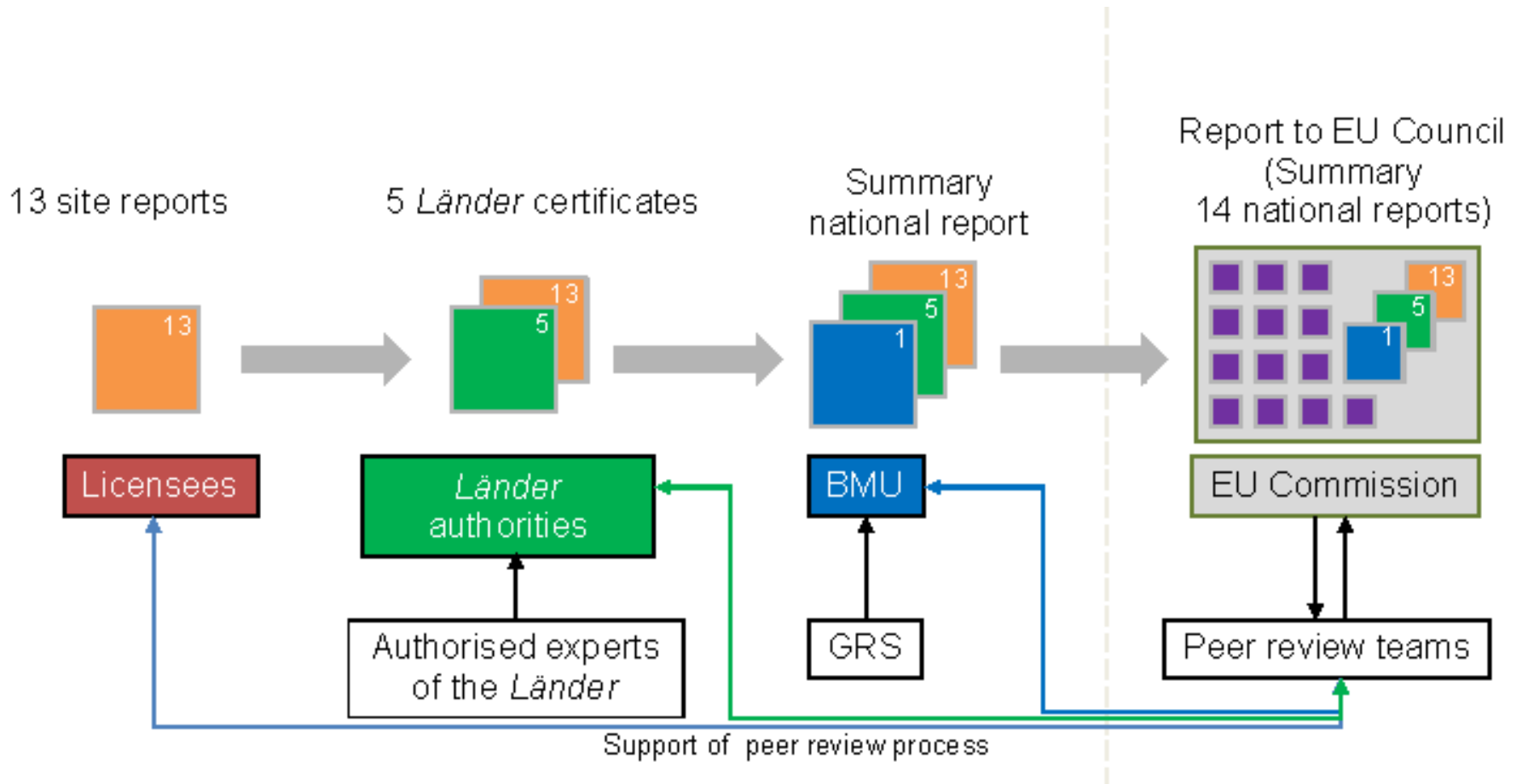
Darüber hinaus hat die RSK die Robustheit deutscher Anlagen für weitere wichtige Bewertungsthemen überprüft.

Die **Bewertung** der Kernkraftwerke bei den ausgesuchten Einwirkungen **zeigt, dass** abhängig von den betrachteten Themenfeldern über alle Anlagen **kein durchgehendes Ergebnis in Abhängigkeit von Bauart, Alter der Anlage oder Generation** auszuweisen ist.

Die bestehenden anlagenspezifischen Auslegungsunterschiede entsprechend dem aktuellen Genehmigungsstand wurden von der RSK nur partiell berücksichtigt. **Bei Anlagen mit ursprünglich weniger robuster Auslegung wurden zur Sicherstellung vitaler Funktionen teilweise unabhängige Notstandssysteme nachgerüstet.** Bei der hier angelegten Bewertung der Robustheit führt dies punktuell zum Ausweisen hoher Robustheitsgrade.

Die RSK hat aus den Ergebnissen der anlagenspezifischen Überprüfung erste Empfehlungen für weitere Analysen und Maßnahmen abgeleitet.“

EU-Stresstest: Generelles Vorgehen



Quelle: EU Stresstest, National Report of Germany, Progress Report of September 15, 2011

Inhalt des Europäischen Stresstestes (aktuelle Version)

- Auslegungsphilosophie im europäischen Kontext
- Erdbeben
- Hochwasser
- Extreme Wetterbedingungen
- Verlust der Stromversorgung
- Verlust der primären Wärmesenke
- Verlust der primären Wärmesenke bei Station-Blackout
- Management schwerer Unfälle
- Notfallmaßnahmen zur Kernkühlung
- Notfallmaßnahmen für die Integrität des Sicherheitsbehälters
- Notfallmaßnahmen zur Begrenzung der Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung

„Cliff-Edge Effekt“ (Kippeffekt)

- Verständnis „cliff-edge effect“ wird auf internationale Dokumente der IAEA abgestellt, um ein einheitliches und möglichst international akzeptiertes Verständnis sicherzustellen.
- IAEA Safety Standards SSG-2 „Deterministic Safety Analysis for Nuclear Power Plants“ (IAEA, Wien, 2009), Abschnitt 3.11 (Fußnote):
- „A cliff edge effect in a nuclear power plant is an instance of severely abnormal plant behaviour caused by an abrupt transition from one plant status to another following a small deviation in a plant parameter, and thus a sudden large variation in plant conditions in response to a small variation in an input.“

siehe auch:

- Abschnitt 9.10 des o.g. IAEA Safety Standards SSG-2
- Fußnote des IAEA Safety Guides NS-G-1.6 „Seismic Design and Qualification for Nuclear Power Plants“ (IAEA, Wien, 2003)

Einleitung und Koordinierung von Folgemaßnahmen

- Überschneidung der Erkenntnisse / Anforderungen aus
 - Bund-Länder-Liste der 12. AtG-Novelle
 - RSK-Sicherheitsüberprüfung und folgenden Stellungnahmen/Empfehlungen
 - EU-Stresstest
 - weiteren Post-Fukushima-Erkenntnissen
 - weitere Verfahren/Regelwerke
- Abstimmung/Koordinierung/Information/Harmonisierung
 - innerhalb EKK-Flotte
 - extern mit Behörden, Gutachtern und Dienstleistern wie:
 - Kerntechnische Hilfsdienst GmbH, Karlsruhe
 - Herstellern
 - im VGB: Gründung AG „Lessons Learned Fukushima“
AK „Nachweisverfahren“

Zusammenfassung und Ausblick

- Deutsche Anlagen verfügen bereits heute über eine hohe Robustheit und umfassende präventive und mitigative Notfallmaßnahmen.
- Probabilistische Sicherheitsanalysen bestätigen das hohe und ausgewogene Sicherheitskonzept.
- Erkenntnisse aus den Überprüfungsverfahren werden geprüft und umgesetzt, um Robustheit zu steigern und mögliche Optimierungen zu erreichen.
- Implementierung erfolgt mittelfristig.



Arbeiten und Ergebnisse der Überprüfungsverfahren nach den Fukushima-Ereignissen

Hans-Georg Willschütz, Frank Diercks
E.ON Kernkraft GmbH
Hannover

43. Kraftwerkstechnisches Kolloquium
19. Oktober 2011, Dresden

Defence in Depth - Das gestaffelte Sicherheitskonzept

Sicherheitsebenen			Ziele	Systeme	Maßnahmen
1	bestimmungsgemäßer Betrieb	Normalbetrieb	Verhinderung von Betriebsstörungen	betriebliche Systeme	konservative Auslegung, Qualitätssicherung
2		anomaler Betrieb	Verhinderung von Auslegungsstörfällen	Begrenzungs- und Schutzsysteme	inhärent sichere Auslegung (Bsp.: negative Leistungsrückkopplung)
3	Auslegungsstörfälle		Beherrschung von Auslegungsstörfällen	passive und aktive Sicherheitseinrichtgn.	inhärent sichere Auslegung
4	auslegungsüberschreitende / schwere Unfälle	a: sehr seltene Ereignisse	Beherrschung der Ereignisse	Sicherheitssysteme <u>und</u> (noch verfügbare) betriebliche Systeme <u>und</u> Unfalleinrichtungen (Rekos, etc.)	präventive bzw. mitigative Maßnahmen des anlageninternen Notfallschutzes (Handmaßnahmen)
		b: Unfälle	Vermeidung von Kernschäden		
		c: Unfälle mit schweren Kernschäden	Begrenzung der Auswirkung schwerer Kernschäden		