

## **Versprechen der Reaktoren der Generation III**

Univ.Prof. Dipl.-Phys. Dr. phil.nat. Wolfgang Liebert  
Institut für Sicherheits- und Risikowissenschaften (ISR)  
Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien

7. Wiener Nuklearsymposium (WUA und BOKU)  
“Generationswechsel in der Kernkraft?”  
16. September 2016

## **Kriterien zur Bewertung von Fortschritten durch Gen. III**

- 1. Verbesserung der nuklearen Sicherheit**
- 2. Senkung der Proliferationsproblematik**
- 3. Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Nuklearstrom**
- 4. Reduktion der Atommüllproblematik**

Weitere Kriterien?

- z.B. Versorgungssicherheit ...
- z.B. Potential zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Problematik

## 1. Verbesserung der nuklearen Sicherheit (1)

(1) *Wie steht es mit der Genehmigungsfähigkeit von Gen. III Reaktoren in Europa (nach Fukushima)?*

Nach alter Fassung des **deutschen Atomgesetzes AtG (1994)** keine Genehmigungsfähigkeit  
Juli 1994 Novelle (neuer § 7b) – unter CDU-FDP-(schwarz-gelb)-Regierung:

„... Genehmigung nur dann erteilt werden darf, wenn aufgrund der Beschaffenheit und des Betriebs der Anlage auch Ereignisse, deren Eintritt durch die zu treffende Vorsorge gegen Schäden praktisch ausgeschlossen ist, einschneidende Maßnahmen zum Schutz vor schädlichen Wirkungen ionisierender Strahlen außerhalb des abgeschlossenen Geländes der Anlage nicht erforderlich machen würden...“

### Western European Nuclear Regulators Association (WENRA)

Report: Safety of new NPP designs (March 2013)

„Accident sequences with a large or early release can be considered to have been **practically eliminated**:

- (1) if it is **physically impossible** for the accident sequence to occur or
- (2) if the accident sequence can be considered with a high degree of confidence to be extremely **unlikely** to arise.“

„...practical elimination should **preferably** rely on the criterion of physical impossibility, rather than the second criterion (extreme unlikelihood with high confidence).“

„...accidents with **core melt** which would lead to early or large releases have to be **practically eliminated**;

for **accidents with core melt** that have not been pract. eliminated, design provisions have to be taken so that only limited protective measures in area and time are needed for the public (no permanent relocation, no need for emergency evacuation outside the immediate vicinity of the plant, limited sheltering, no long term restrictions in food consumption) and that sufficient time is available to implement these measures.“

„This requires ... **deterministic analyses** of each mechanism and phenomenon, which need to be supported by **adequate experimental results**.“

„**Demonstration of physical impossibility, based on engineered provisions, can be difficult.**“ (PSA reicht jedenfalls nicht!!)

## International Atomic Energy Agency (IAEA-Tecdoc-1791) 2016

Considerations on the Application of the IAEA Safety Requirements for the Design of Nuclear Power Plants

„The **practical elimination** can be considered as a design process followed by the necessary inspection and surveillance process during manufacturing, construction, commissioning and operation. The demonstration of practical elimination is based on and assessment of such provisions, that would necessarily include engineering, deterministic and probabilistic judgement.“

„Where a claim is made that it is `physically impossible' for the conditions to arise that could lead to an accident condition that needs to be `practically eliminated' , it is **necessary to examine the inherent safety characteristics** of the system or reactor type to demonstrate that the event cannot, by the laws of nature, occur and that the fundamental safety functions (...) of reactivity control, heat removal and limitation of accidental radioactive releases will be achieved.“

„Although probabilistic targets can be set, `practical elimination' from the need for consideration **cannot alone be demonstrated by showing compliance with a general probabilistic value.**“

„For new designs ... it is expected that a large or early release frequency below  $10^{-6}$  per reactor year could be achieved for events of **internal origin.**“

„For **some external hazards** it may **not** be not practical or even **possible to demonstrate** that the occurrence of a hazard of such severity ... is below a threshold of frequency such as  $10^{-6}$ /year.“

„This shows the **limitations of probabilistic methods** to claim the demonstration of the `practical elimination'.“

„It is the decision of the **regulatory body** to establish or not **what are acceptable** targets to support the demonstration of practical elimination.“

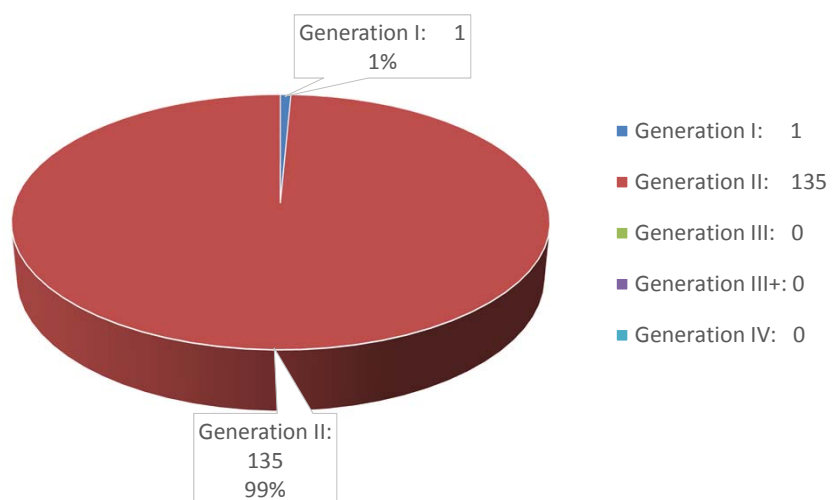
**Nach WENRA wird es nach Fukushima schwer in Europa zu demonstrieren, dass Gen. III Reaktoren verschärfte Regularien – wenn sie denn ernst genommen werden – zu erfüllen**

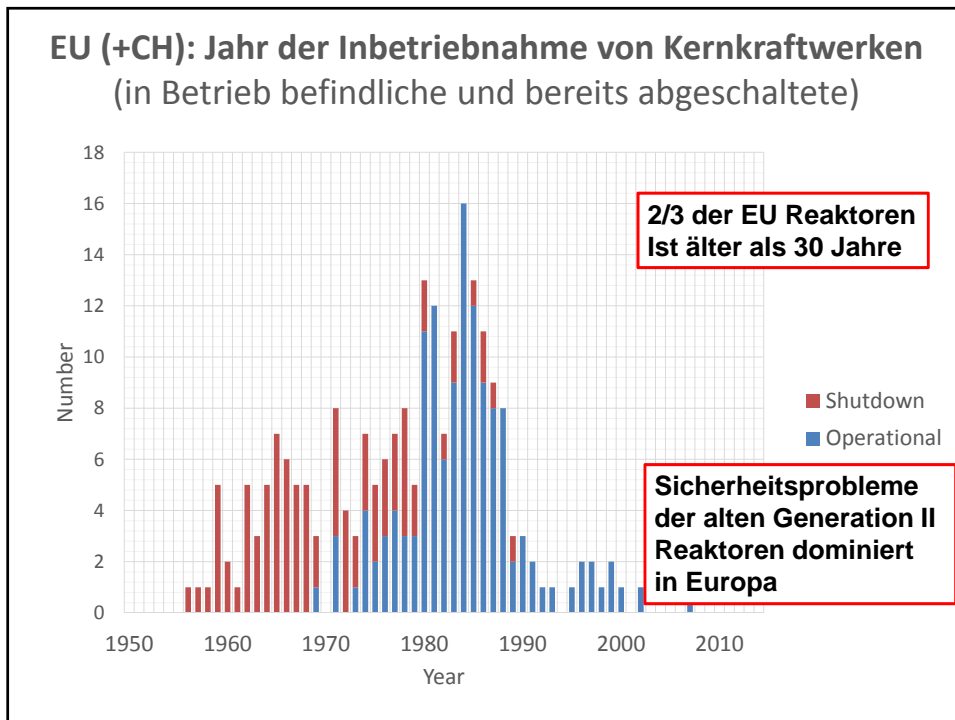
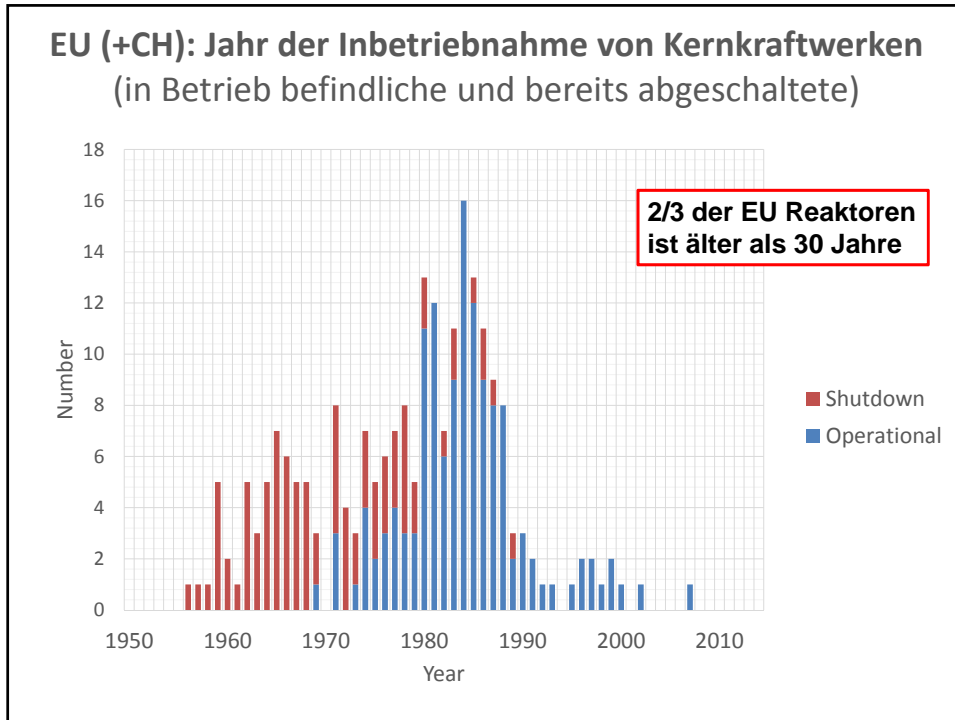
**Die IAEO-Empfehlungen sind insbesondere dadurch geschwächt, dass (noch) kein internationaler Konsens herrscht und letztlich der nationalen Regulationsbehörde überlassen bleibt, was gefordert wird.**

## 1. Verbesserung der nuklearen Sicherheit (2)

(2) *Wie steht es mit dem Einfluss von Gen. III Reaktoren auf die nukleare Sicherheit in Europa?*

### EU (+CH): Reaktor-Flotte nach Generationen 2014





## 2. Senkung der Proliferationsproblematik

- Brennstoff ist weiterhin angereichertes Uran  
→ proliferations-sensitive Anreicherungsanlagen bleiben notwendig
- zusätzl. Nutzung von Uran-Plutonium-Mischoxid (MOX) möglich/geplant  
→ proliferations-sensitive Plutonium-Abtrennung (WA) und Umgang mit bzw. Lagerung von unbestrahltem Plutonium (Wiederaufarbeitungsanl., Brennelementfabriken, Reaktorstandorte,...)

**Fuel-cycle/Brennstoffspirale ist durch Gen.III unverändert, d.h. die zivil-militärische Ambivalenz der Nukleartechnik bleibt (proliferations-förderliche Energietechnologie)**

## 3. Verbesserung der Wirtschaftlichkeit von Nuklearstrom

Europäisches Vorzeigeprojekt der Generation III  
(Ergebnis einer französisch-deutschen Kooperation: Framatom-Siemes)  
**Europäischer Druckwasserreaktor EPR (1,6 GWel)**

2-4 Projekte in Europa (+ 2 in China in Bau):

- Olkiluoto (Finnland): in Bau seit 2005
- Flamanville (Frankr.): in Bau seit 2007
- Hinkley Point (England): geplant

**Investitionskosten EPRs:**

- Olkiluoto: 3,2 Mrd. € (2005) → 8,5 Mrd. € (2012) → Schätzung: 10 Mrd. €
- Flamanville: 3,3 Mrd. € (2005) → 10,5 Mrd. € (2015)
- Hinkley Point: 10,55 Mrd. € (chin. Sicht) bis 14,4 Mrd. € (brit. Sicht)

**6.500 bis 9.000 € pro kW install. Leistung**

Vergleich mit fossilen Stromerzeugungstechnologien ? **NEIN**

**Grober Vergleich mit Windkraftanlagen** (2-4 MW on-shore) in D:  
1.200 bis 1.600 € pro kW install. Leistung

- Verfügbarkeit im Jahr:  
Wind on-shore : Kernkraft ~ 1 : 4
- Zusatzinvestitionen:  
Stromspeicherkapazitäten für Windkraft-Ausbau erforderlich  
Umgang mit nuklearem Abfall und Reaktordemontage
- Laufzeitunterschiede /Betriebskostenunterschiede

„Fairer“ Vergleich mit Bezug auf Investitionskosten  
Wind on-shore : Kernkraft ~ 1 : 6

Vergleich mit fossilen Stromerzeugungstechnologien ? **NEIN**

**Grober Vergleich mit Windkraftanlagen** (2-4 MW on-shore) in D:  
1.200 bis 1.600 € pro kW install. Leistung

- Verfügbarkeit im Jahr:  
Wind on-shore : Kernkraft ~ 1 : 4
- Zusatzinvestitionen:  
Stromspeicherkapazitäten für Windkraft-Ausbau erforderlich  
Umgang mit nuklearem Abfall und Reaktordemontage
- Laufzeitunterschiede /Betriebskostenunterschiede

„Fairer“ Vergleich mit Bezug auf Investitionskosten  
Wind on-shore : Kernkraft ~ 1 : 6

**Ökonomische Überlegungen führen nicht dazu,  
Gen. III Reaktoren der Windkraft vorzuziehen.**

## **4. Reduktion der Atommüllproblematik**

- Gen. III Reaktoren haben ggf. erhöhte Abbrände (Standzeiten BE)  
→ höhere anfängliche Anreicherung des Brennstoffs (→safety & security)  
→ leicht reduzierte Gesamtmenge radioaktiver Abfälle pro Strommenge  
(bei mehr Radioaktivität pro Volumeneinheit des Abfalls)

**Gen. III Reaktor-Betrieb hat keinen signifikanten Einfluss auf die Atommüllproblematik**

## **Was versprechen Gen. III Reaktoren (in Europa) ?**

Für jeden einzelnen neuen Reaktor ist mehr Anlagensicherheit im Vergleich zu Gen. II möglich.

Katastrophenfreiheit (gerade auch bei externen Ereignissen) ist nicht garantiert (zumindest äußerst schwer zu demonstrieren).

Genehmigungsfähigkeit fraglich?

Sicherheitslage in Europa in den nächsten Jahrzehnten wäre durch Neubauten kaum berührt; statt dessen durch die alternden Gen.II Reaktoren dominiert.

Für die weiteren wesentlichen Aspekte (Proliferation, Wirtschaftlichkeit, Atommüll,...) sind keine substanziellen Verbesserungen erkennbar.

(Gen. IV ist Zukunftsmusik (oder Science Fiction).)