

Kraftwerkstechnik und Reaktorsicherheit

Fukushima-Hintergründe und vertiefende Information

EnBW Kernkraft GmbH

Informationsstand: 10. April 2011

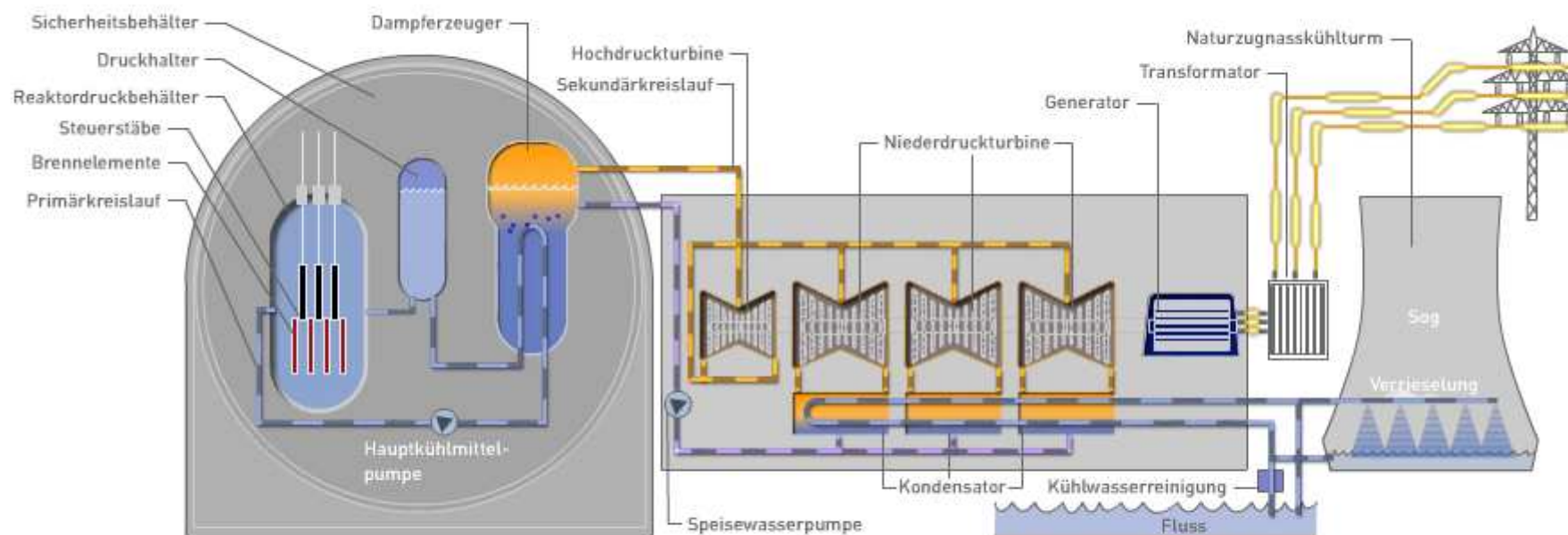
Die Präsentation entspricht dem Stand vom 10. April 2011 und beruht inhaltlich auf öffentlichen Quellen. Sie wurde mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt. Das sich Details zu einem späteren Zeitpunkt anders darstellen, ist jedoch nicht auszuschließen. Der Ersteller übernimmt deswegen keine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Inhalte.

The EnBW logo consists of a horizontal orange line to the left of the text 'EnBW' in a bold, blue, sans-serif font.

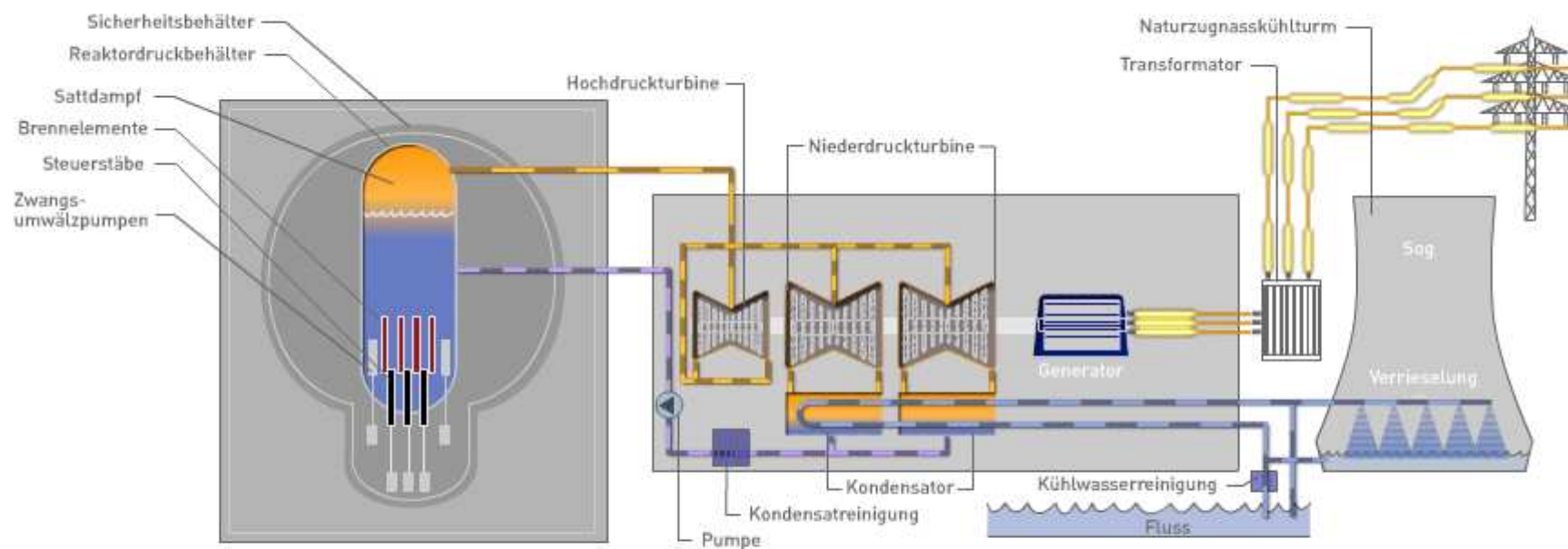
EnBW
Energie
braucht Impulse

Kernkraftwerk Philippsburg Block 2

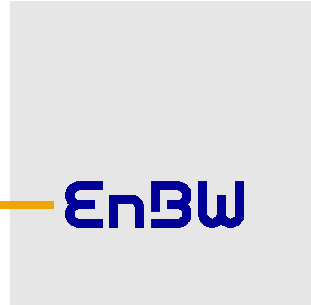
Druckwasserreaktor, 1468 MW



Kernkraftwerk Philippsburg Block 1 Siedewasserreaktor, 926 MW

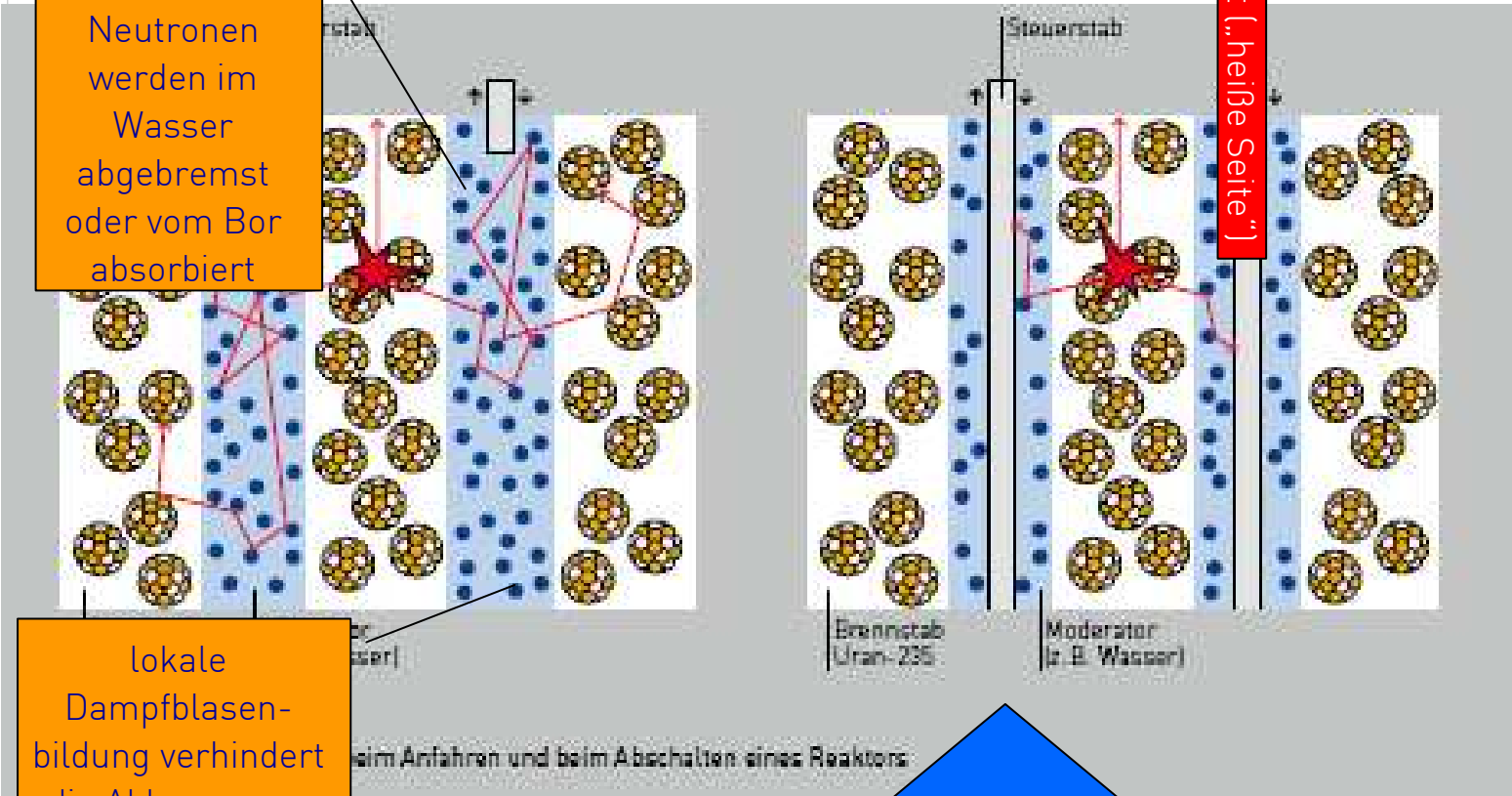


nukleare Energieerzeugung von der Kernspaltung zur Wärme



schnelle Neutronen werden im Wasser abgebremst oder vom Bor absorbiert

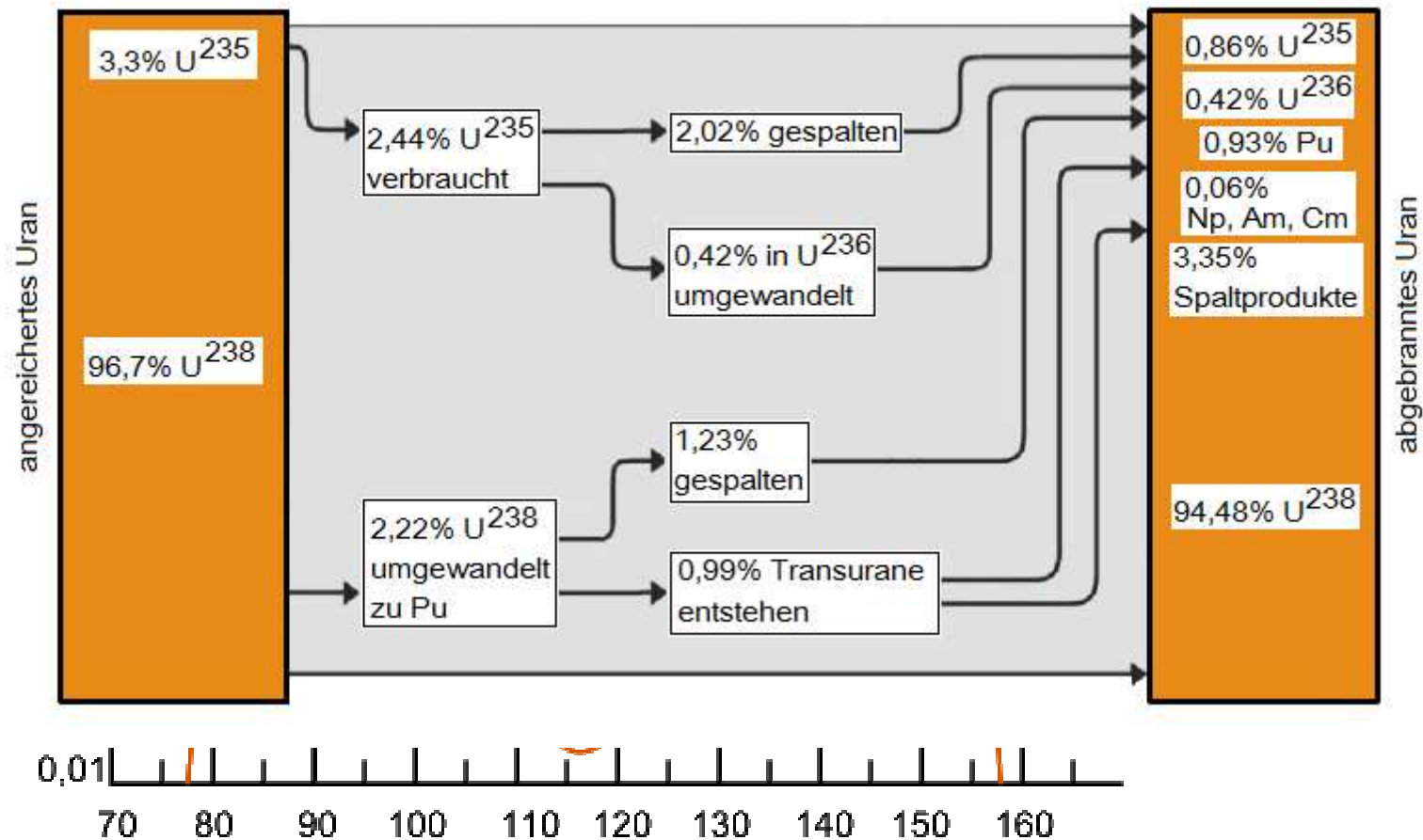
lokale Dampfblasenbildung verhindert die Abbremsung von Neutronen => Verlangsamung der Kernspaltung



Wassereintritt („kalte Seite“)

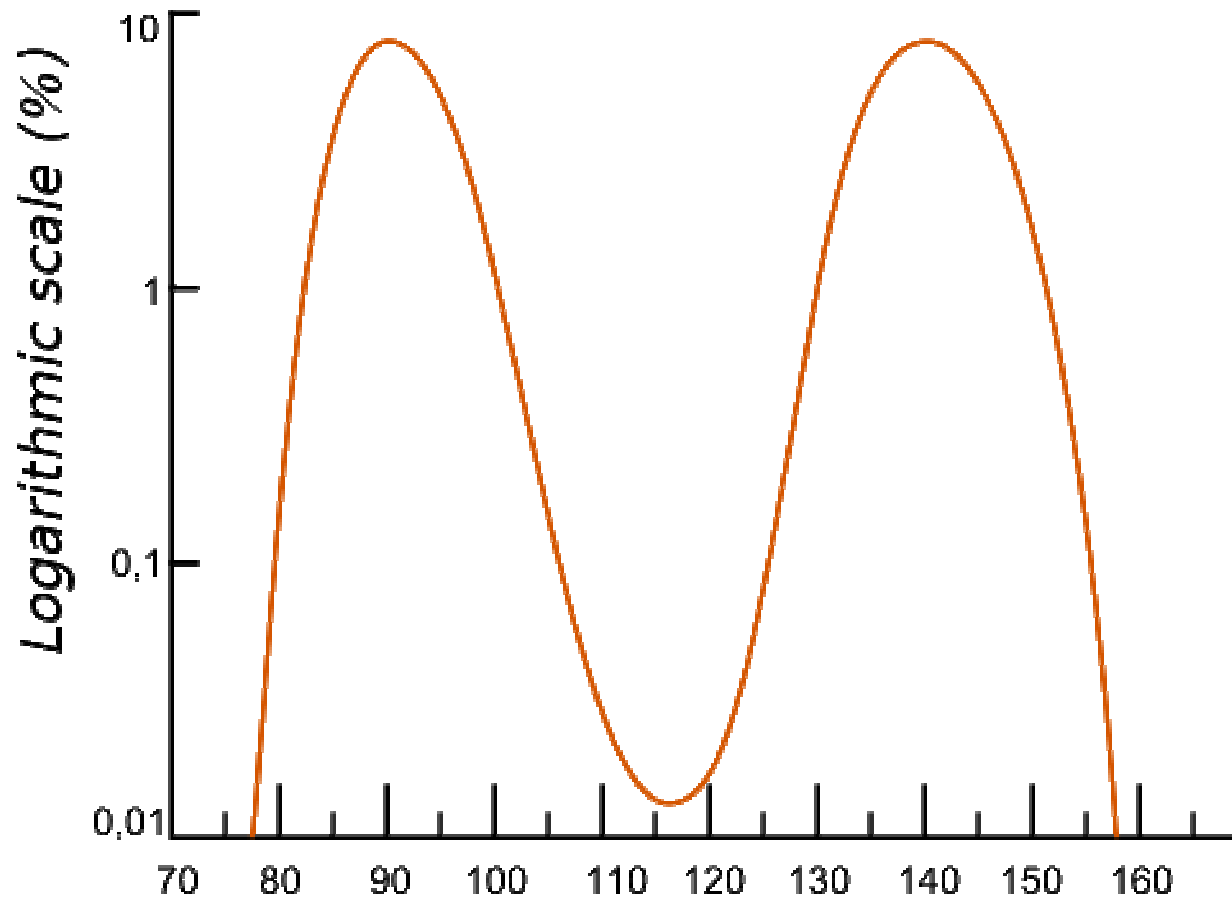
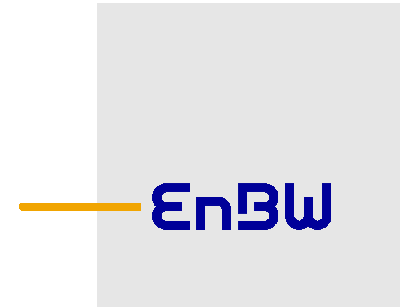
nukleare Energieerzeugung

Entstehung von Spaltprodukten



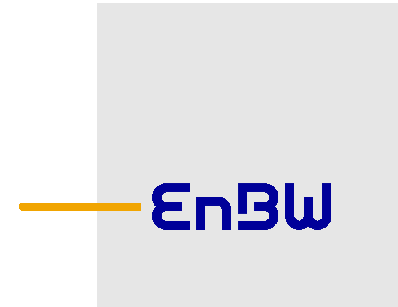
Distribution of Uranium-235 fission products (A)

nukleare Energieerzeugung Entstehung von Spaltprodukten

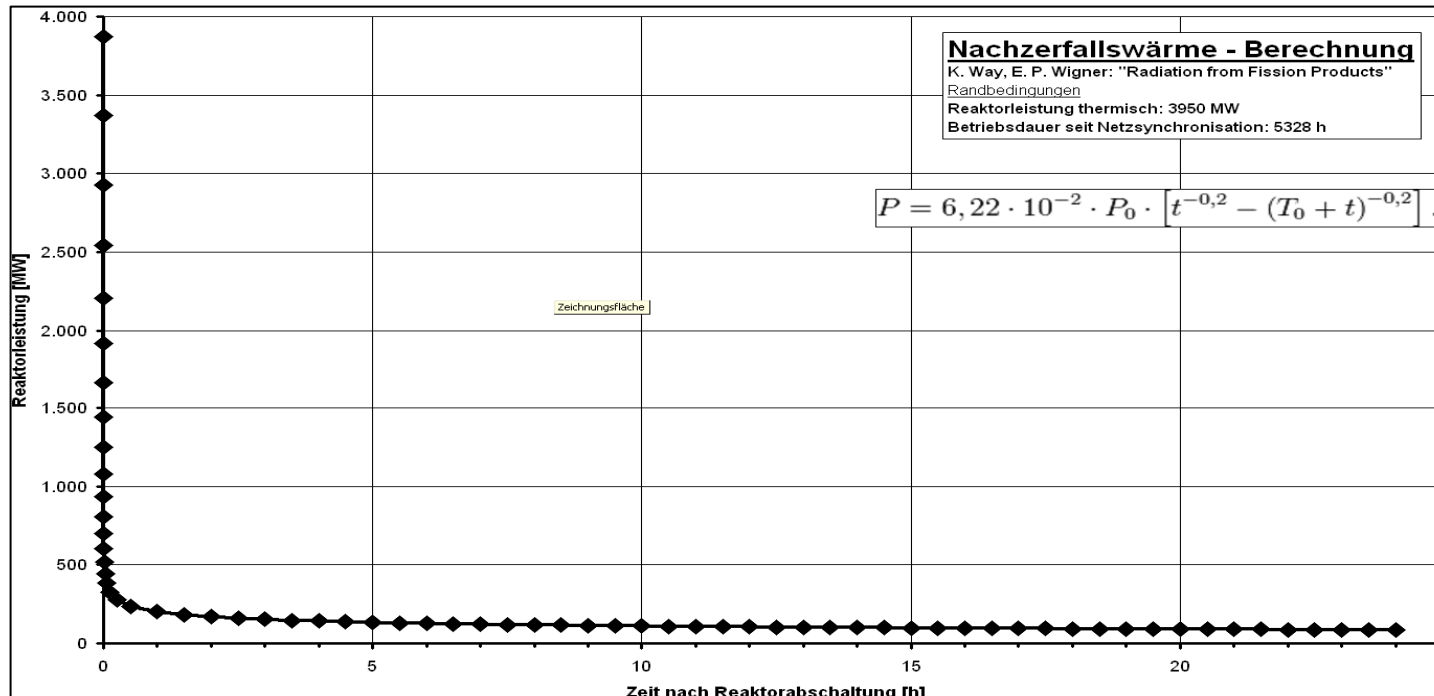


Distribution of Uranium-235 fission products (A)

nukleare Energieerzeugung der Knackpunkt: die Nachzerfallswärme



Mit **Nachzerfallswärme** bezeichnet man in der Kerntechnik die Zerfallswärmeleistung, die nach dem Abschalten des Reaktors entsteht. Da hierbei die Spaltprodukte der Kernspaltung selbständig zerfallen, kann die Nachzerfallswärme nicht durch die Steuerstäbe beeinflusst werden.



die Sicherheit eines Kernkraftwerks
wann ist ein Kernkraftwerk sicher?

Ein Kernkraftwerk ist sicher, wenn es die **4**
sogenannten **Schutzziele** erfüllt:

1. der Reaktor kann jederzeit sicher abgeschaltet werden und
2. die Brennelemente können immer gekühlt werden und
3. die radioaktiven Stoffe sind sicher eingeschlossen und
4. die Strahlenbelastung wird so gering wie möglich gehalten.

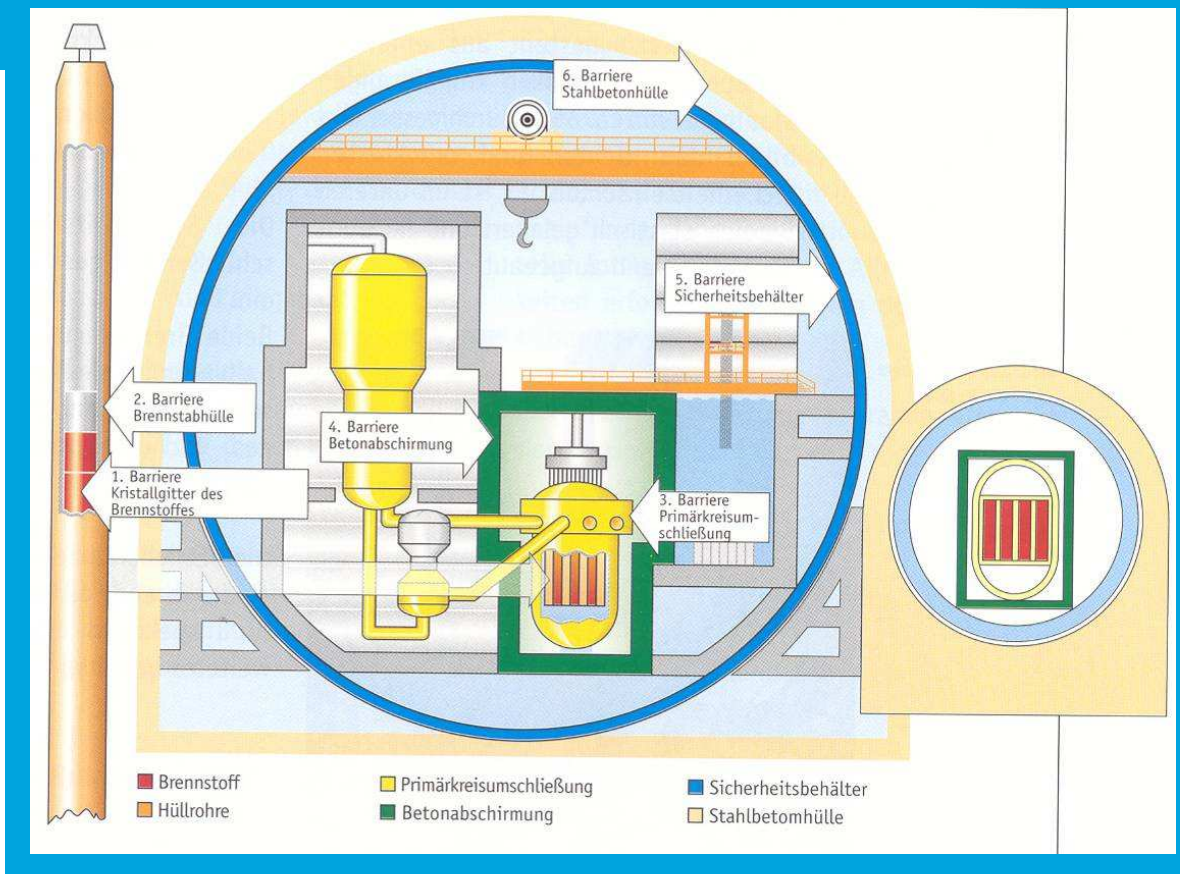
Wesentliche technische Sicherheitskonzepte: Beispiel Barrierenkonzept

Barrierenkonzept

Redundanz

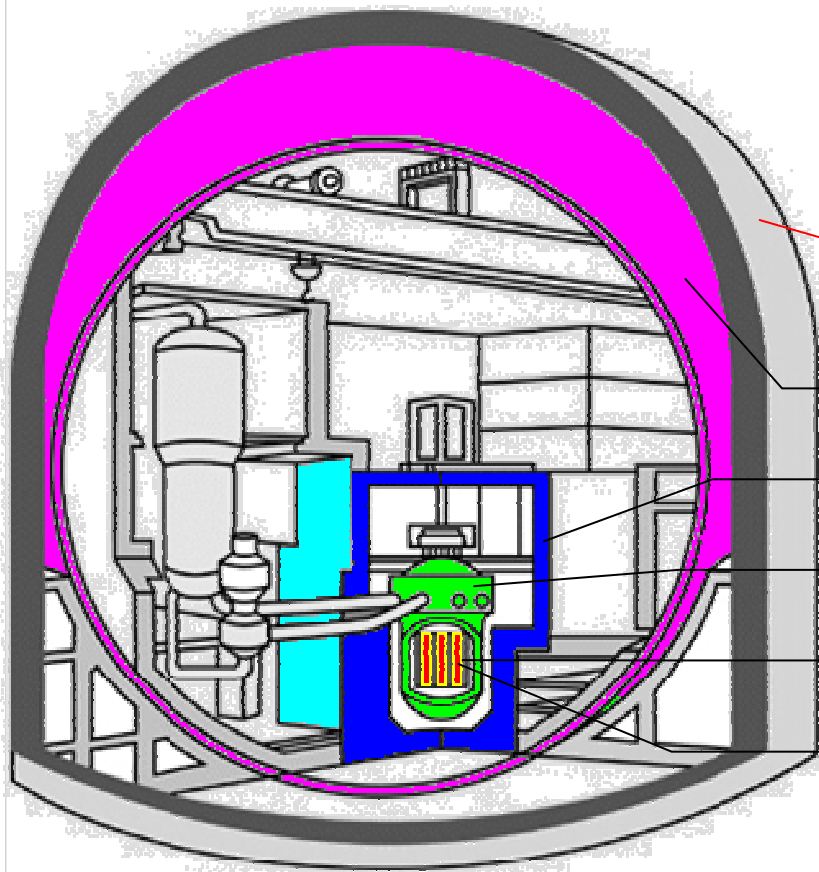
Diversität

Räumliche Trennung



die Sicherheit eines Kernkraftwerks das Barrierenkonzept

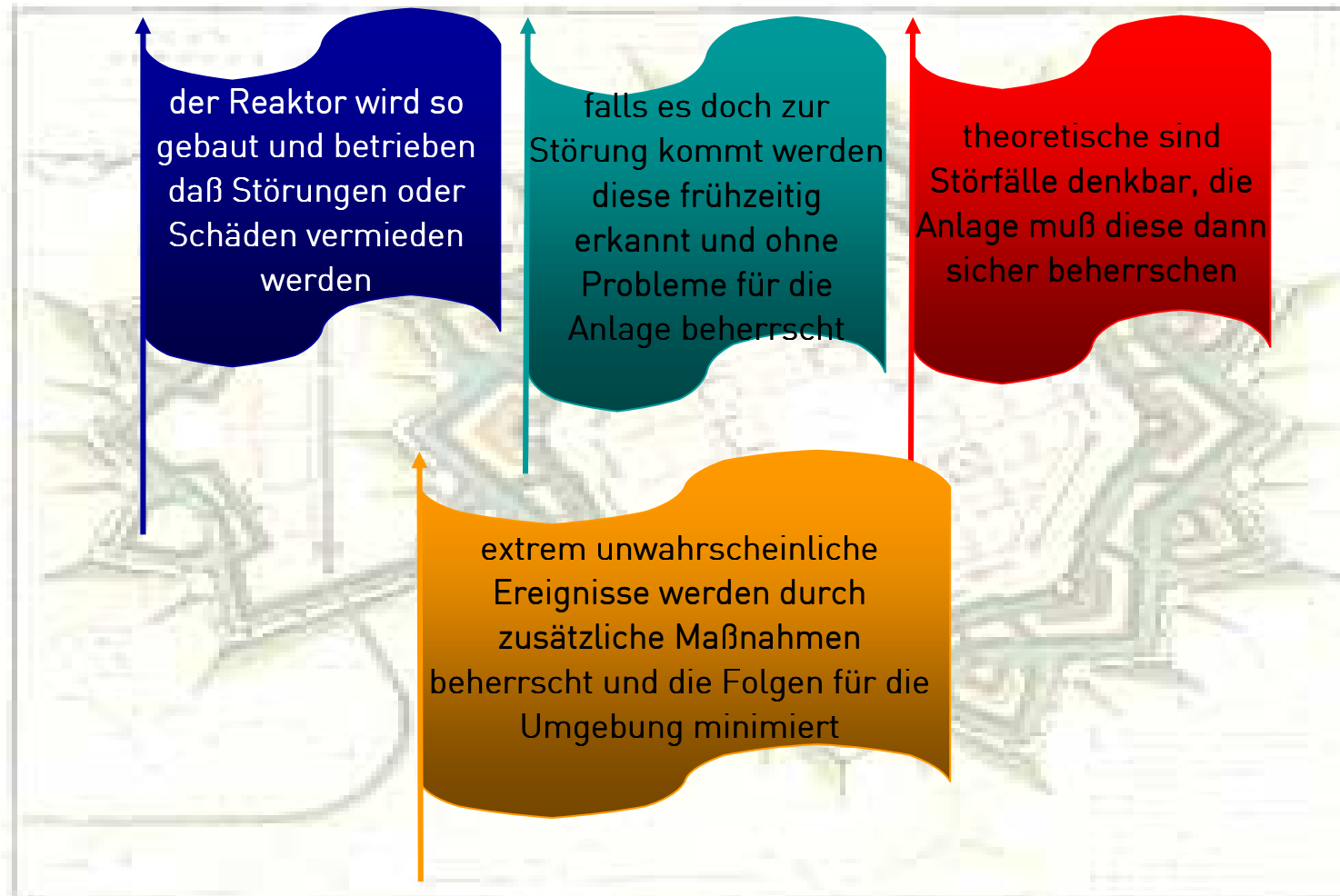
- Funktion
- Sicherheit
- GKN I
- Aktuelles



- Reaktorsicherheits-Gebäude
- Reaktorsicherheitshülle
- Biologischer Schild
- Reaktordruckbehälter
- Brennstab - Hüllrohr
- Brennstofftablette

Sicherheit durch gestaffelte Sicherheitsebenen oder „defence in depth“

EnBW

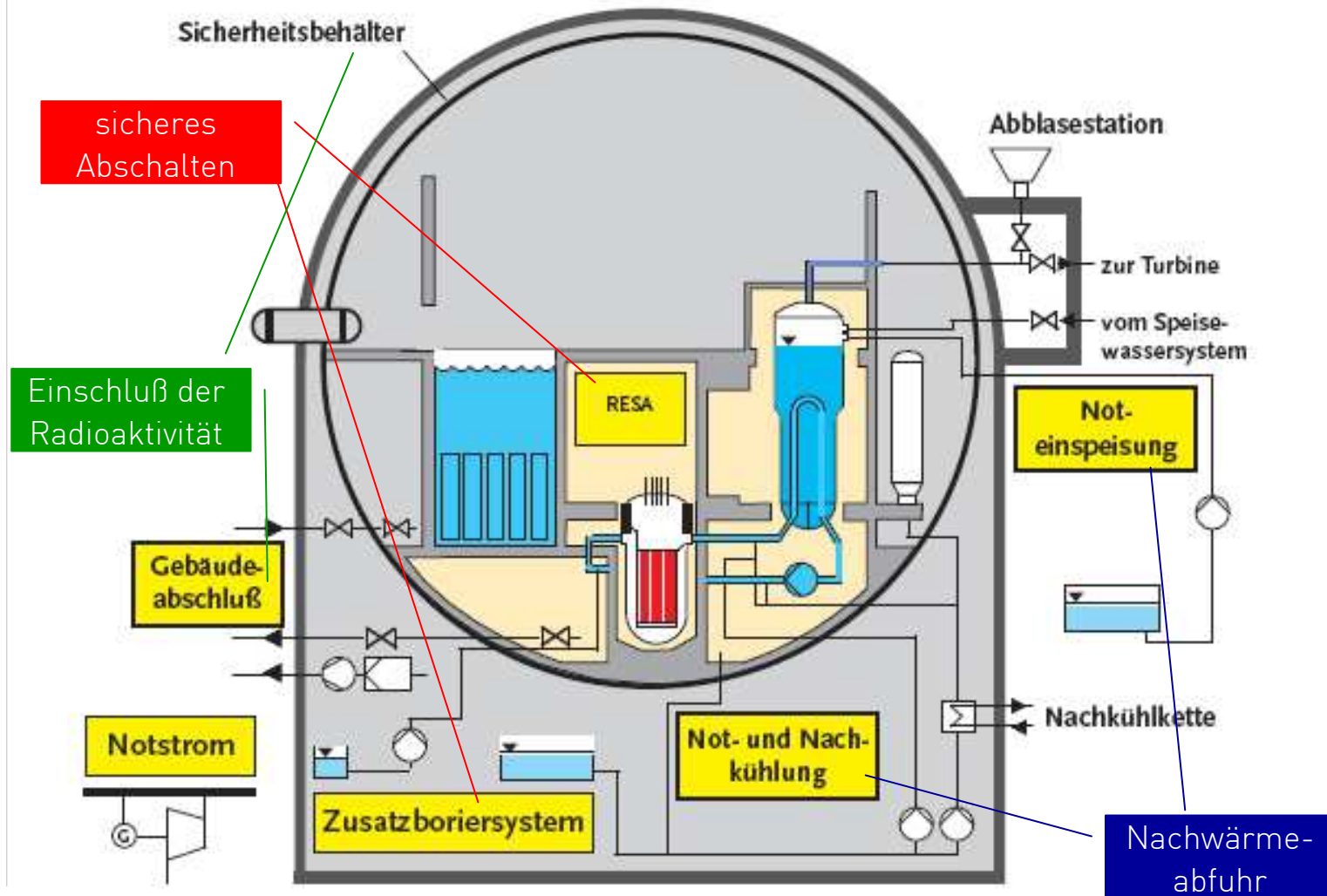


sicherheitstechnische Einrichtungen eines Druckwasserreaktors

Sicherheitstechnische Einrichtungen sind:

- **redundant** vorhanden
- wo möglich **diversitär**
- arbeiten nach dem fail safe-Prinzip
- möglichst räumlich getrennt
- von hoher Qualität
- automatisiert
- im Betrieb kontinuierlich überwacht
- mit hohem Aufwand gewartet

Sicherheitstechnische Einrichtungen eines Druckwasserreaktors



Exkurs, was ist Redundanz?

Was sagt der Redundanzgrad aus?

EnBW

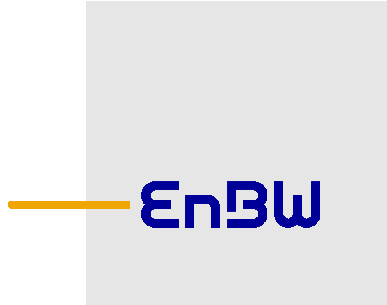


Ziel: Transport von 100 Personen
<= ein Doppeldecker mit 100 Plätzen
2 Busse mit 50 Plätzen =>

Annahme: ein Bus ist in Reparatur, einer hat
höchstwahrscheinlich einen Schaden!

Wieviele Busse brauchen Sie für den sicheren Transport?

Exkurs, was ist Redundanz? Was sagt die Redundanzzahl aus?



das heißt, gebraucht werden je 2 Busse mehr, dies ist das sogenannte „n+2“ Kriterium der Redundanz in der Kerntechnik:



Erkenntnis:

3 x 100%

ist der gleiche

Redundanzgrad wie

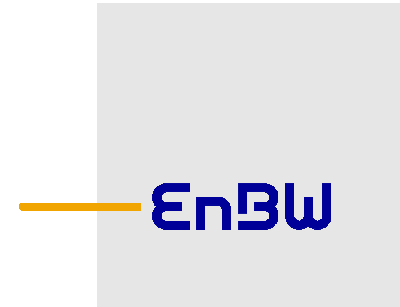
4 x 50%



das wäre übrigens Diversität

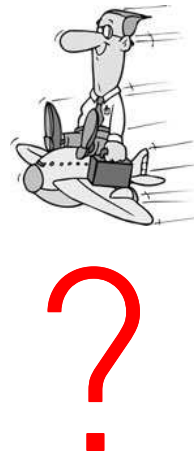


Wie kann man eine Aussage zur Sicherheit von Kernkraftwerken machen?



Deterministische Aussagen alleine, wie z.B. die Erfüllung von Regelwerksanforderungen helfen hier nicht weiter, hierzu ein Beispiel:

Lockheed L1011
Tristar: 0,48
Abstürze pro
Million Flüge

A photograph of a Lockheed L1011 TriStar aircraft in flight against a clear sky.

Boing 747
Jumbo: 0,76
Abstürze pro
Million Flüge

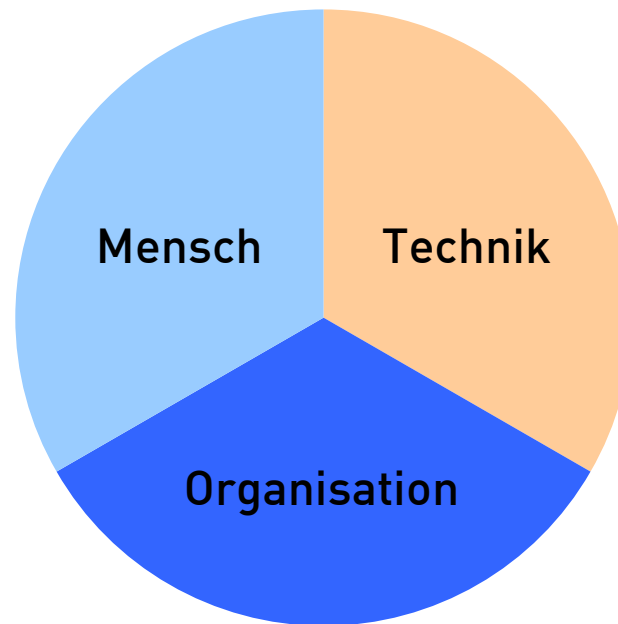
A photograph of a Boeing 747 Jumbo aircraft in flight against a cloudy sky.

$$\text{Risiko} = \text{Eintrittswahrscheinlichkeit} \times \text{Schadenshöhe}$$

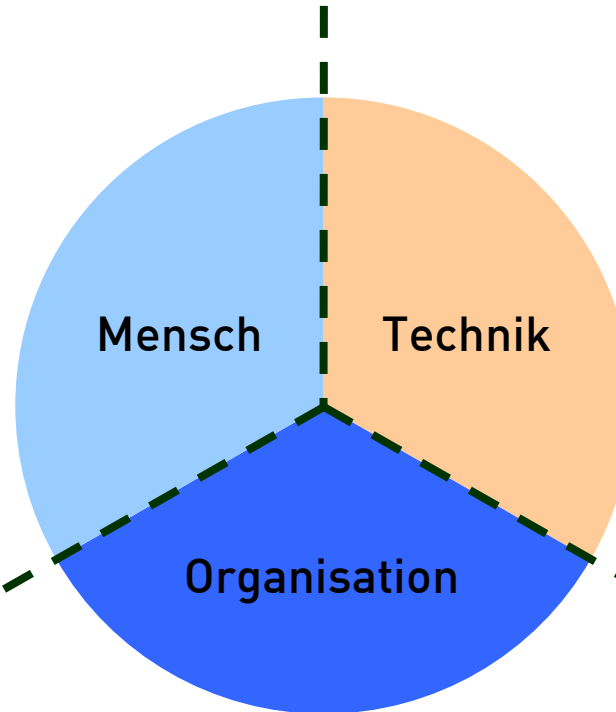


Qualitative Gesamtbetrachtung eines Kernkraftwerks:
Relevante Aspekte sind Mensch, Technik, Organisation

— EnBW



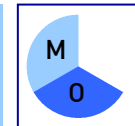
Relevanz von Mensch, Technik und Organisation am Beispiel der Verkehrssicherheit



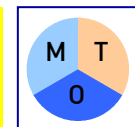
Im Überblick: Sicherheit der EnBW-Kernkraftwerke



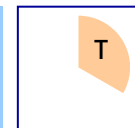
1 Betriebsführung der EnBW-Kernkraftwerke wurde durch die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) geprüft und erhielt Bestnoten.



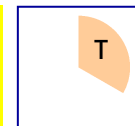
2 Umfassende staatliche Kontrolle –
Atomaufsicht Baden-Württemberg erhielt gute Noten von der IAEA.



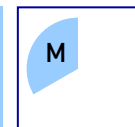
3 Gesetzliche Sicherheitsüberprüfungen ergeben:
Sicherheitsniveau der EnBW-Kernkraftwerke übertrifft die von der IAEA geforderten Standards für neue Anlagen.



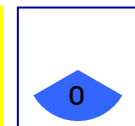
4 Durch kontinuierliche Investitionen hält die EnBW die Technik ihrer Kernkraftwerke auf einem aktuellen Stand.



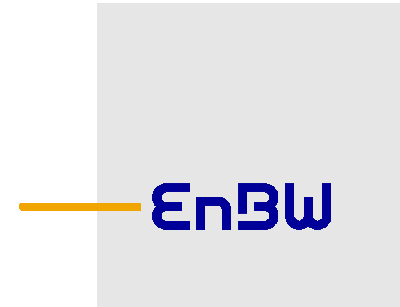
5 Aus- und Weiterbildung des atomrechtlich relevanten Personals erfolgt über den von der Atomaufsicht festgelegten Standard hinaus.



6 Ein nach international gültigen Normen zertifiziertes, standortübergreifendes Managementsystem für die Bereiche nukleare Sicherheit, Qualitätssicherung, Umweltschutz und Arbeits- und Gesundheitsschutz sichert hohes Niveau und unterstützt kontinuierliche Verbesserung.



Das Jahr der Inbetriebnahme muss nicht entscheidend sein für die Qualität einer Technik – Beispiel PC



Tower-PC von 2004



Neuer Lüfter

Neue Grafikkarte

DVD-Laufwerk

Größere Festplatte

Neuer Prozessor



mit Nachrüstungen auf Stand von 2010

Investitions- und Nachrüstungskosten im Vergleich am Beispiel von Block Philippsburg 1



**Investitionskosten
für die Errichtung**



**Kosten für Nachrüstungen
seit Inbetriebnahme**
(Stand Ende 2010)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

The logo for EnBW, featuring a horizontal orange line to the left of the text 'EnBW' in a bold, blue, sans-serif font.

EnBW

Energie
braucht Impulse