



Energie - gestern und heute

Dipl. Ing. Jürgen Schöttle

Programm

- Entwicklung der Reaktoranlagen
- Technologie der Gen. 3 + und Gen. 4 Reaktoren
- Fusionsanlagen
- Anlagensicherheit
- Kernkraftwerks - Mythen
- Stromerzeugungskosten

Entwicklung von Kernkraftwerken

Forschungs- und Prototypanlagen

Generation I

Early prototype
reactors



Forschungsreaktoren
FR2 Karlsruhe



Garching



Versuchsreaktor
Kahl



Gen I

1950

1960

Entwicklung von Kernkraftwerken

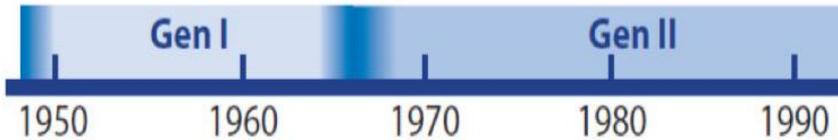
Generation I

Early prototype reactors

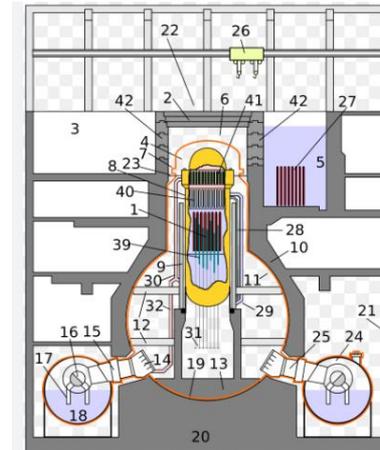


Generation II

Commercial power reactors

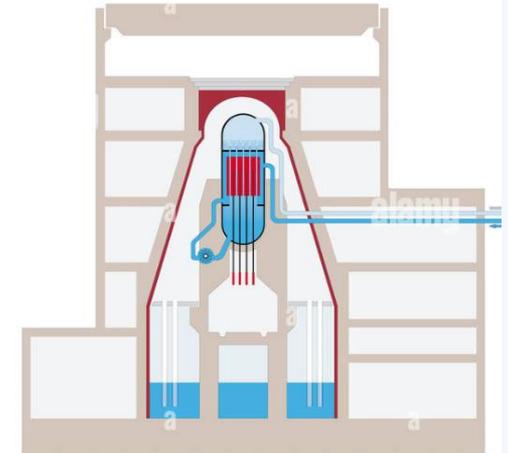


Harrisburg
Fukushima
Mühleberg
Würgassen
Obrigheim

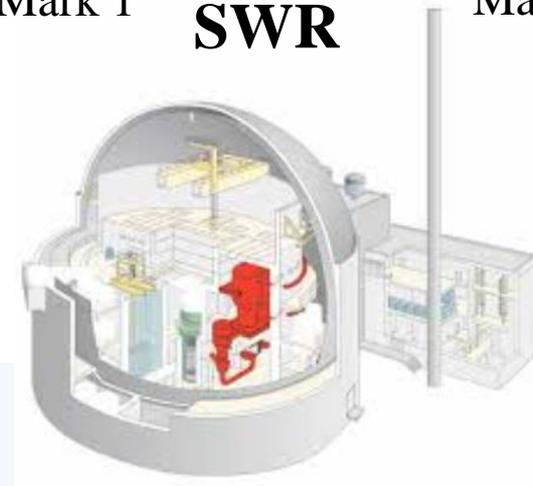


Mark 1

SWR



Mark 2



DWR

Entwicklung von Kernkraftwerken

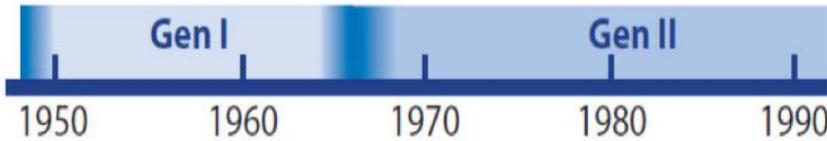
Tschernobyl
(militärischer Reaktor)

Generation I

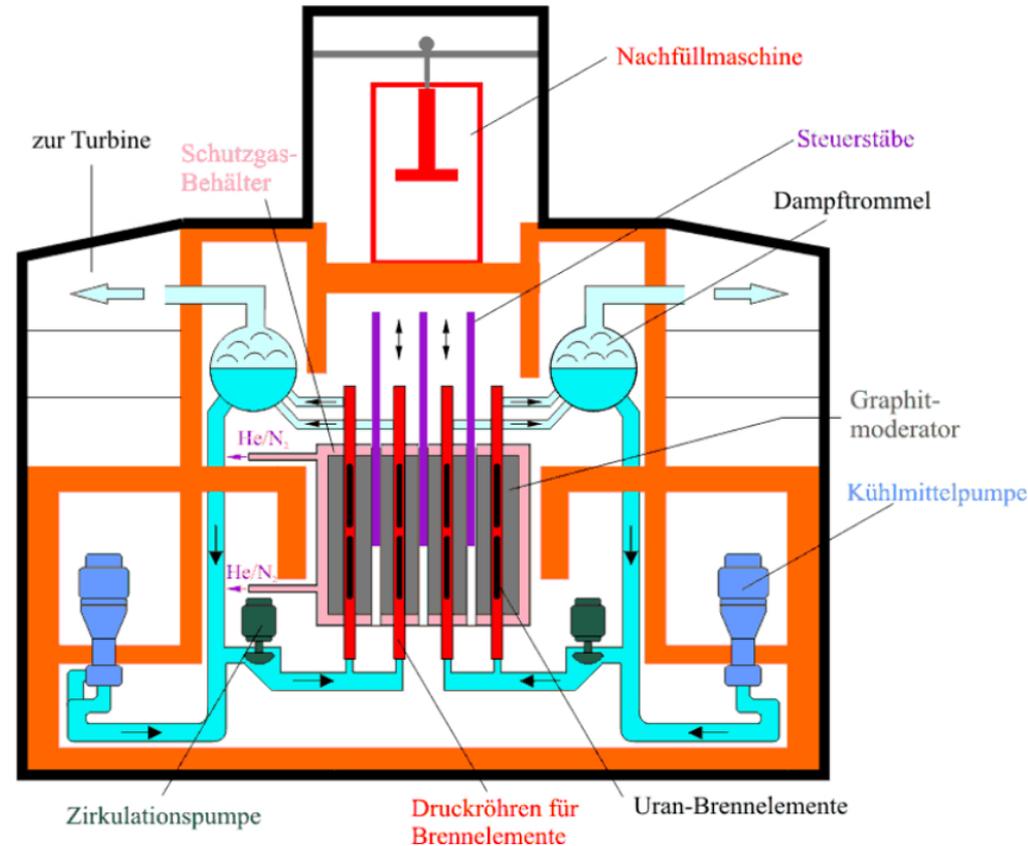
Generation II

Early prototype reactors

Commercial power reactors

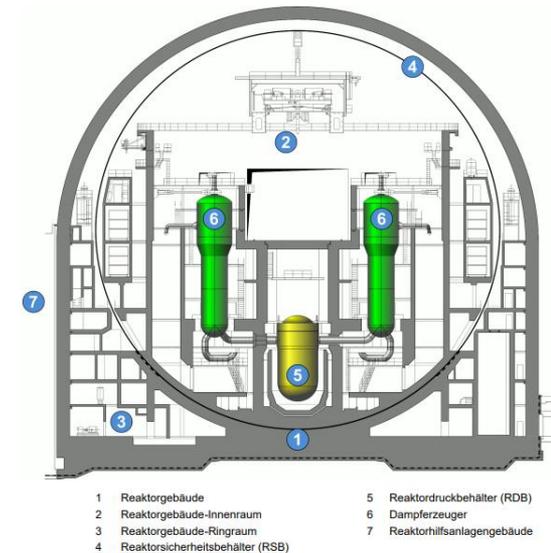
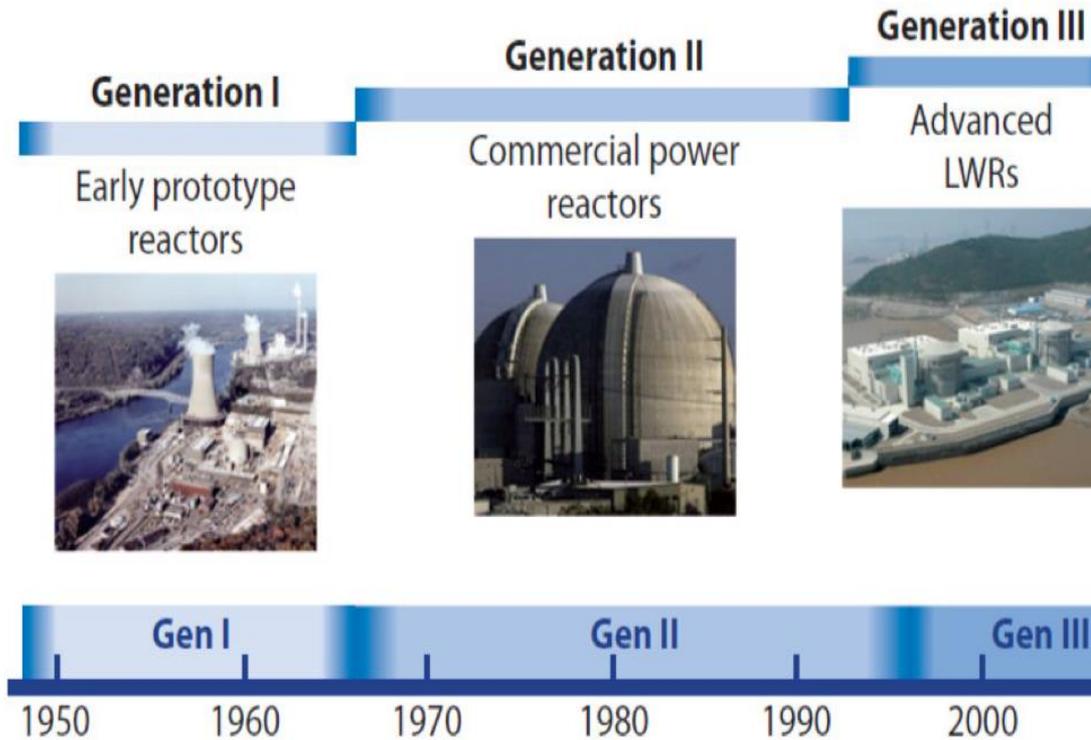


Harrisburg
Fukushima
Mühleberg
Würgassen
Fessenheim



Schematischer Aufbau des Reaktors RBMK-1000 in Tschernobyl; Rechte: CCO by LEIFiPhysik.de

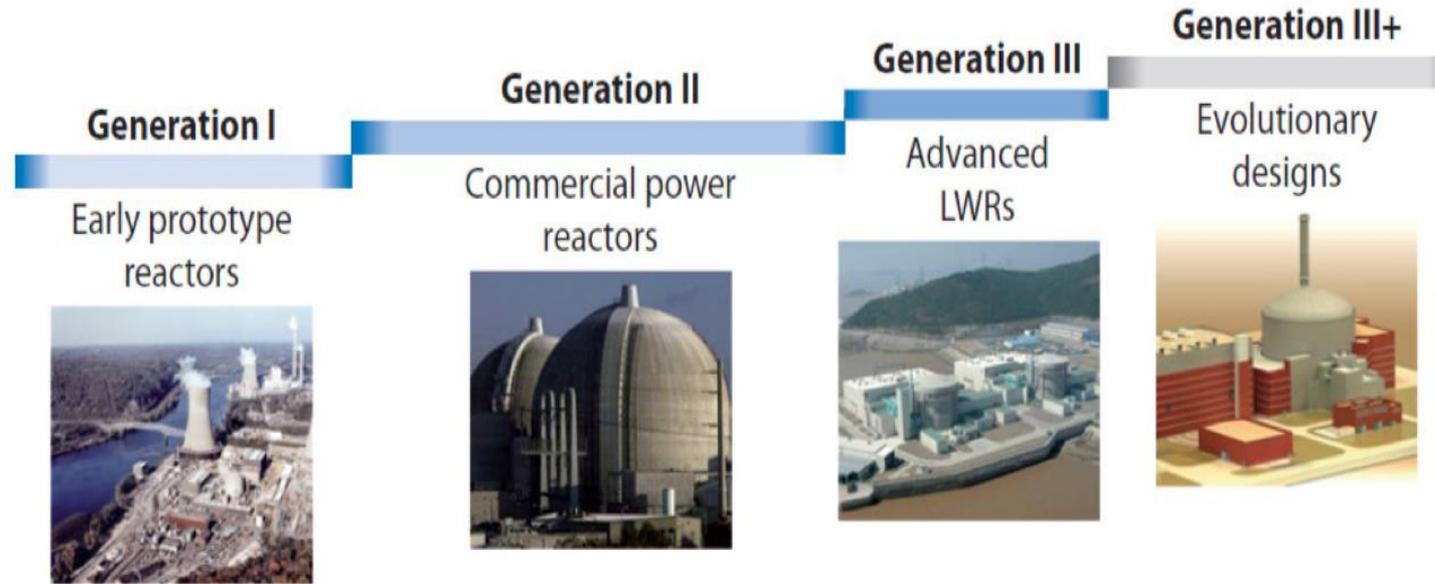
Entwicklung von Kernkraftwerken



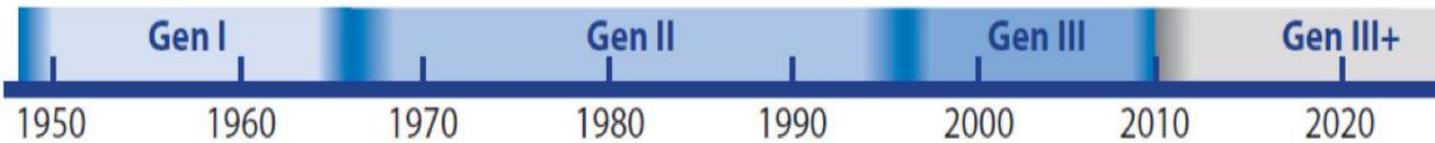
Harrisburg Phillipsburg 1
 Fukushima Gösen
 Mühleberg Biblis
 Würgassen Grafenrheinfeld
 Fessenheim **Konvoi**

Konvoi
 Emsland
 Isar 2
 Neckarwestheim 2

Entwicklung von Kernkraftwerken



EPR



Harrisburg
Fukushima
 Mühleberg
 Würgassen
 Fessenheim

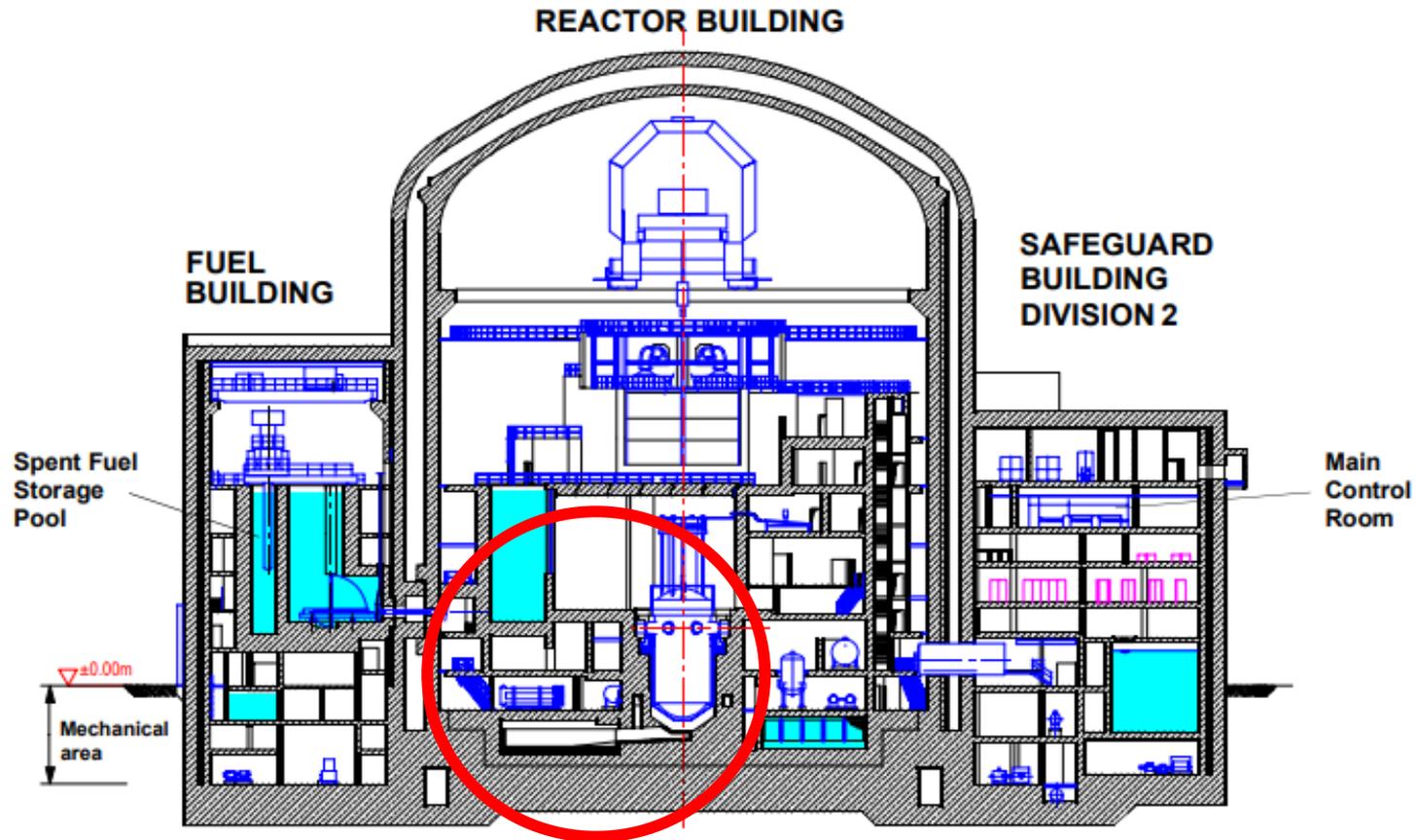
Phillipsburg
 Gösgen
 Biblis

Konvoi

EPR
 2 x Taishan
 Olkioutu
 Flammanville
 2 x Hinkley Point

EPR

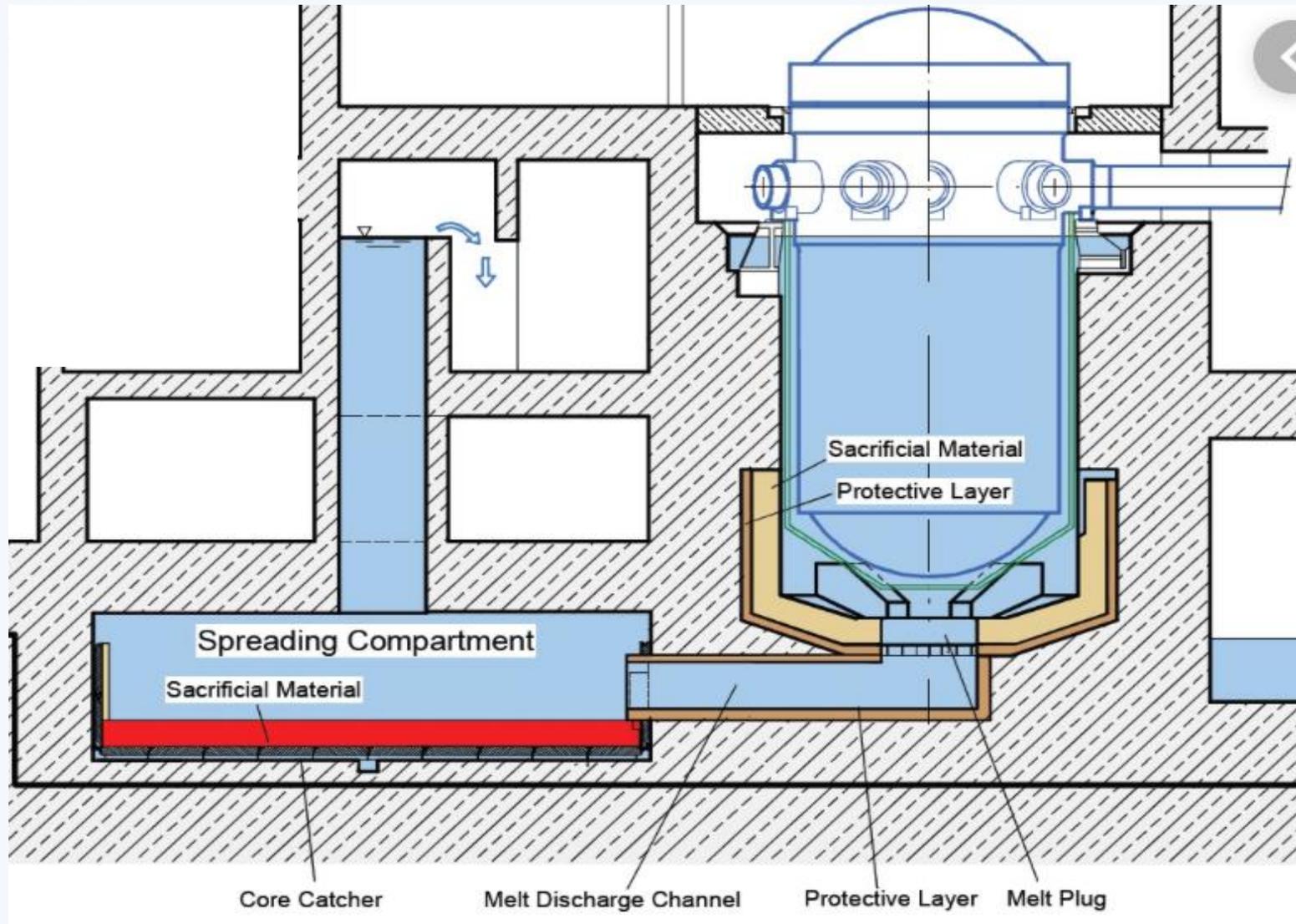
European Pressurized Water Reactor



IYNC 2000 , April 9-14, 2000

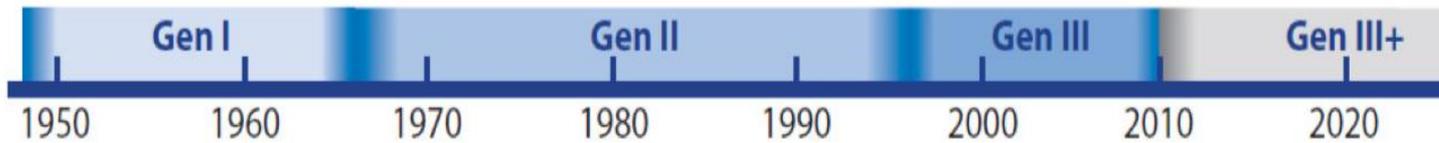
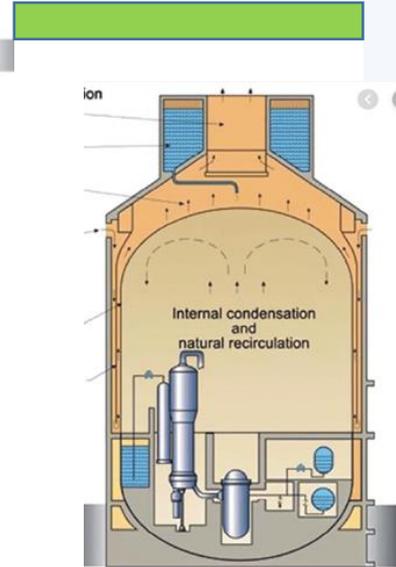
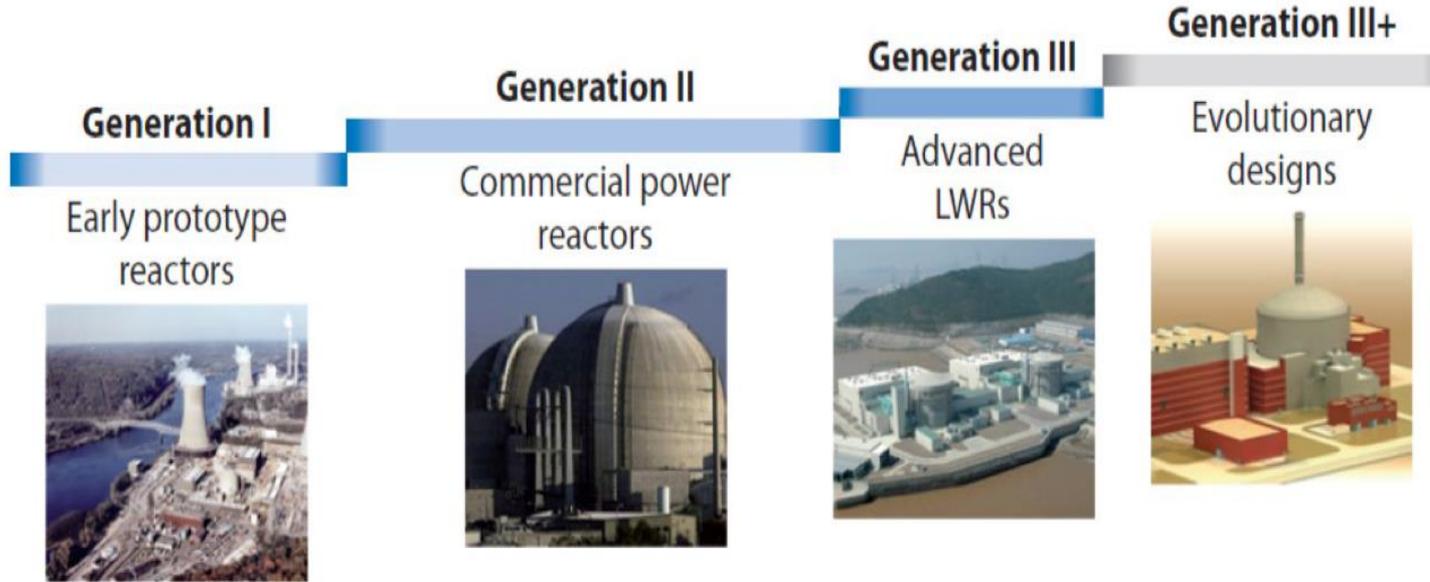
Framatome- Siemens
Figure 6.dsf

Core-Catcher



Entwicklung von Kernkraftwerken

Generation III +
mit passiven Notkühlsystemen



Harrisburg
Fukushima
Mühleberg
Würgassen
Fessenheim

Phillipsburg
Gösgen
Biblis
Konvoi

EPR
2 x Taishan
Olkiluoto
Flammanville
2 x Hinkley Point

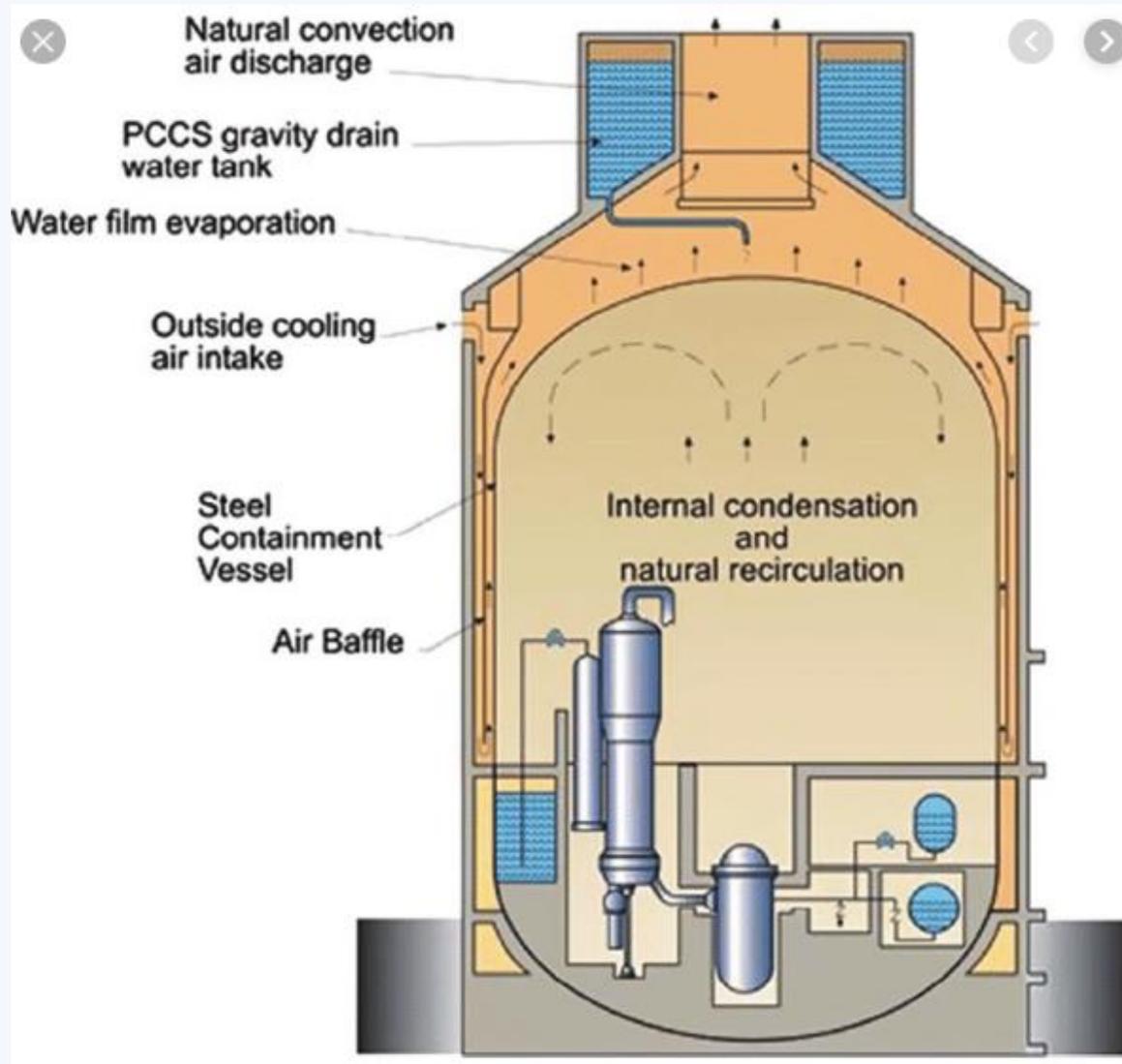
16 Anlagen im Betrieb

AP 1000 USA
APR von Toshiba
Hualong China
WWER-1000 Russl

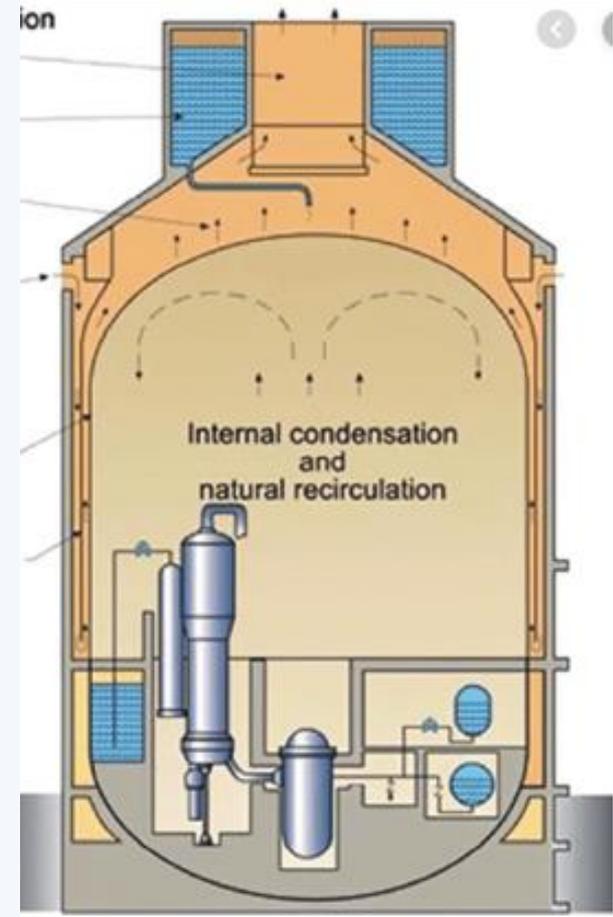
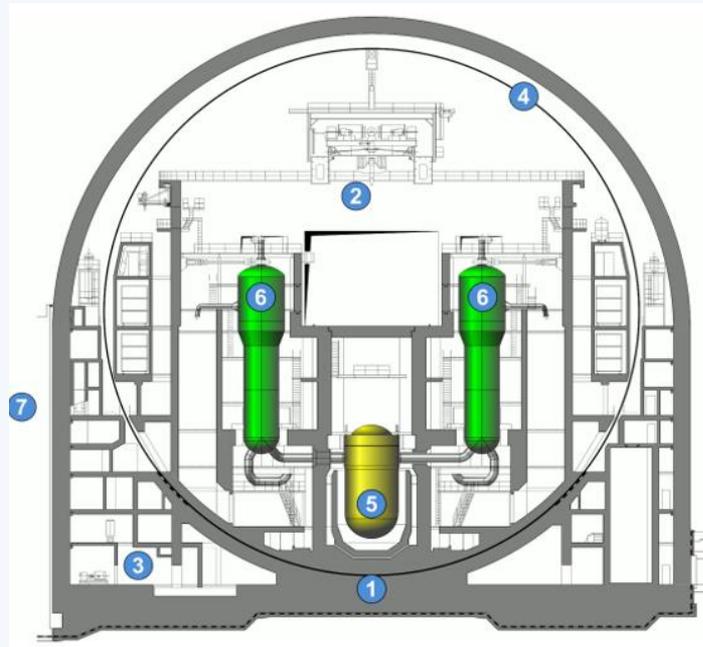
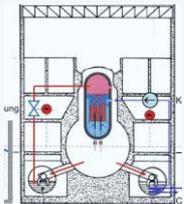
EPR 2.0 Frankreich
ab 2036 in Betrieb

Kernkraftwerk Generation III + 2.0

AP 1000 WESTINGHOUSE



Größenentwicklung der Reaktoranlagen

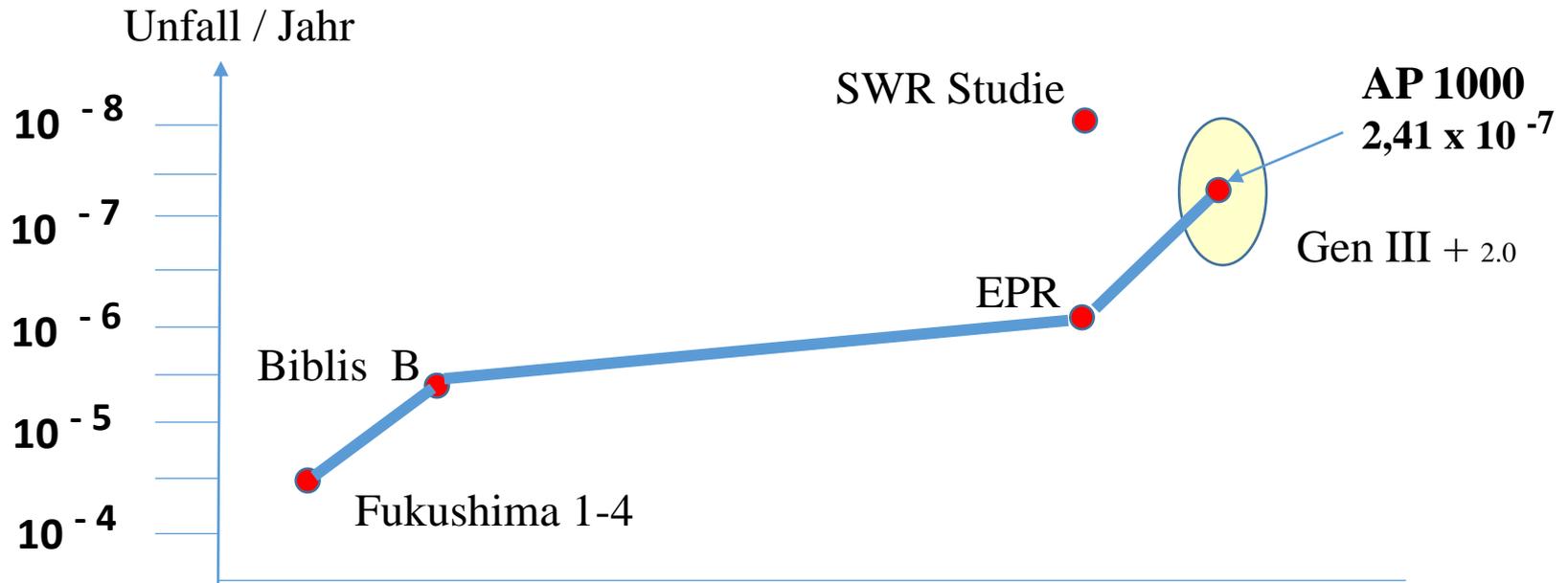


Fukushima
Mark 1

Emsland
Konvoi

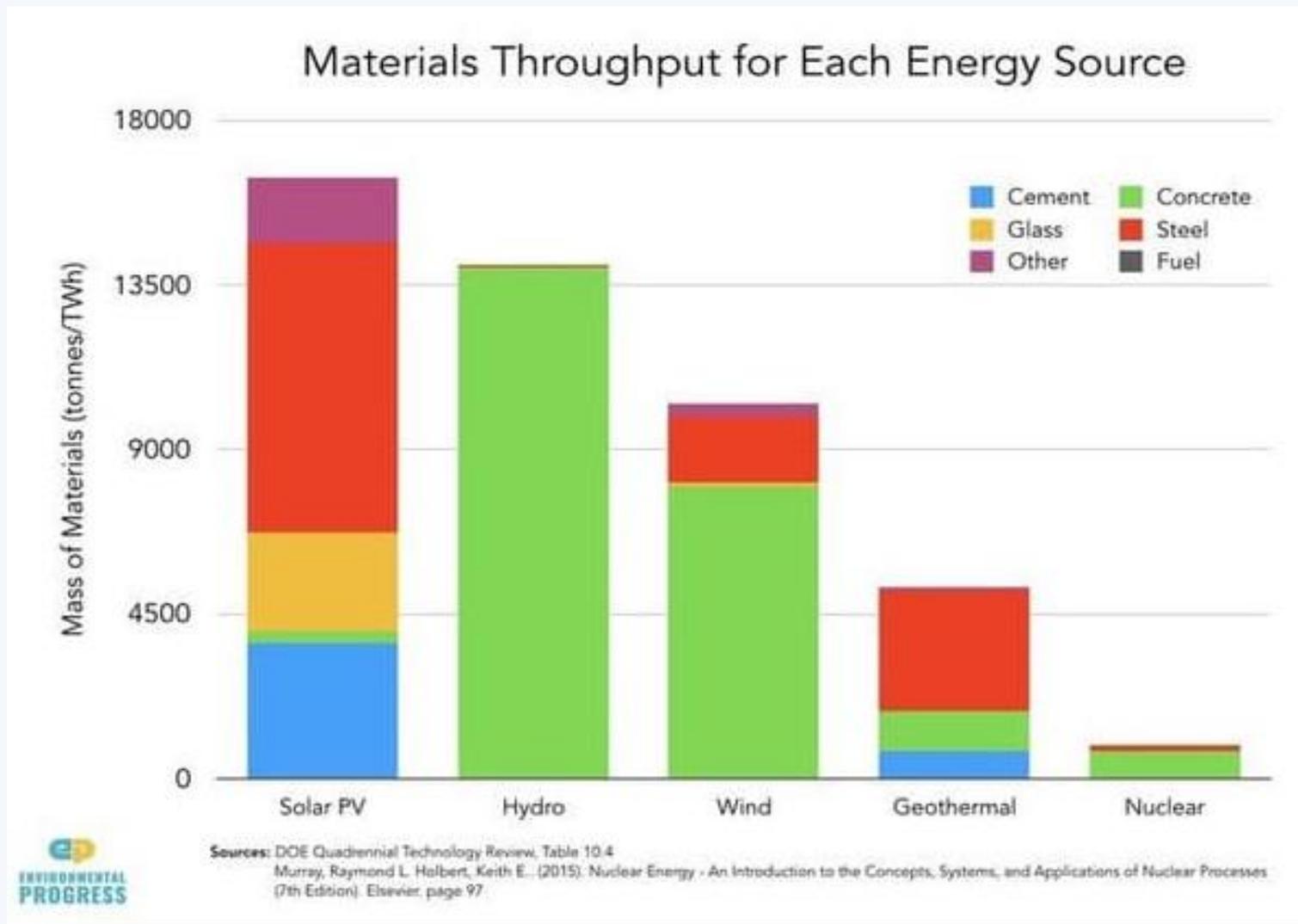
Sanmen 1
AP 1000

Sicherheit gegen schweren Unfall



$2,41 \times 10^{-7}$ heißt, alle 24 Millionen Jahre einen schweren Störfall / Reaktor

Materialaufwand in Tonnen /TWh



Solar- und Windanlagen

Erzeugung /Nutzung 2024

Erzeugung

möglich

Nutzung

in D

tatsächlich

Export

266 TWh



49 TWh

212 TWh

54 TWh



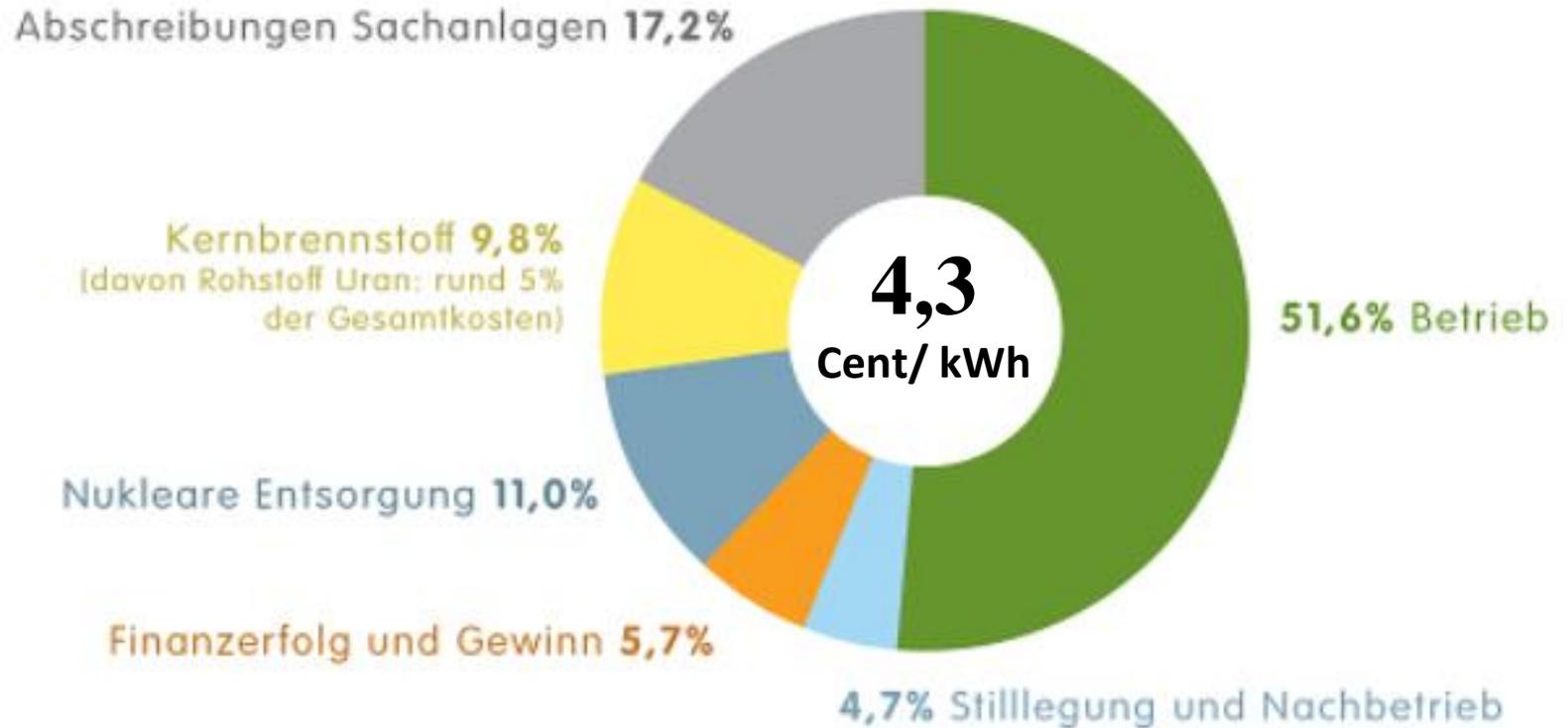
163 TWh

abgeregelt

Direkte Nutzung 61 %

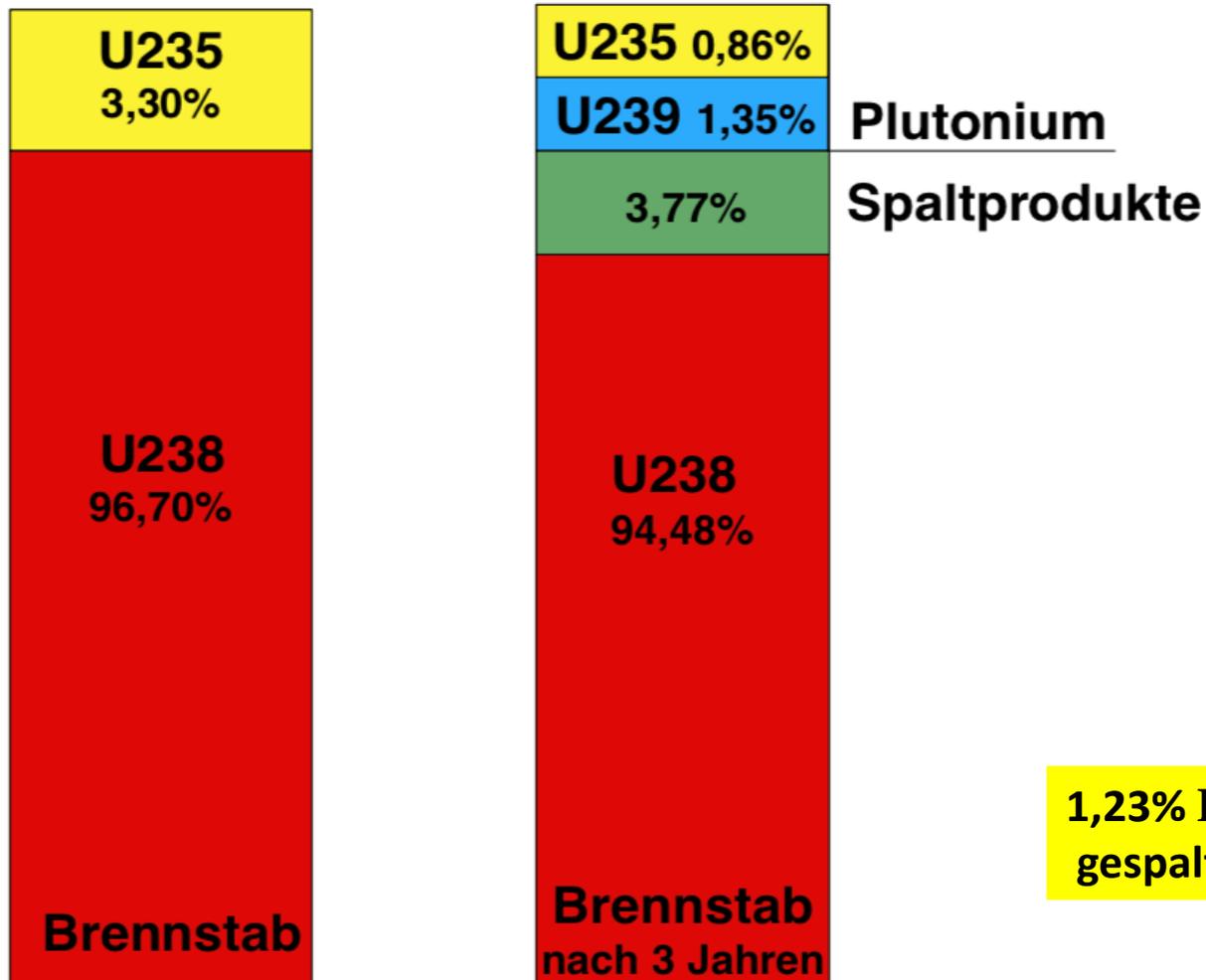
Kostenstruktur Kernkraftwerke

Kostenstruktur im Kernkraftwerk Gösgen (normalisiert*)

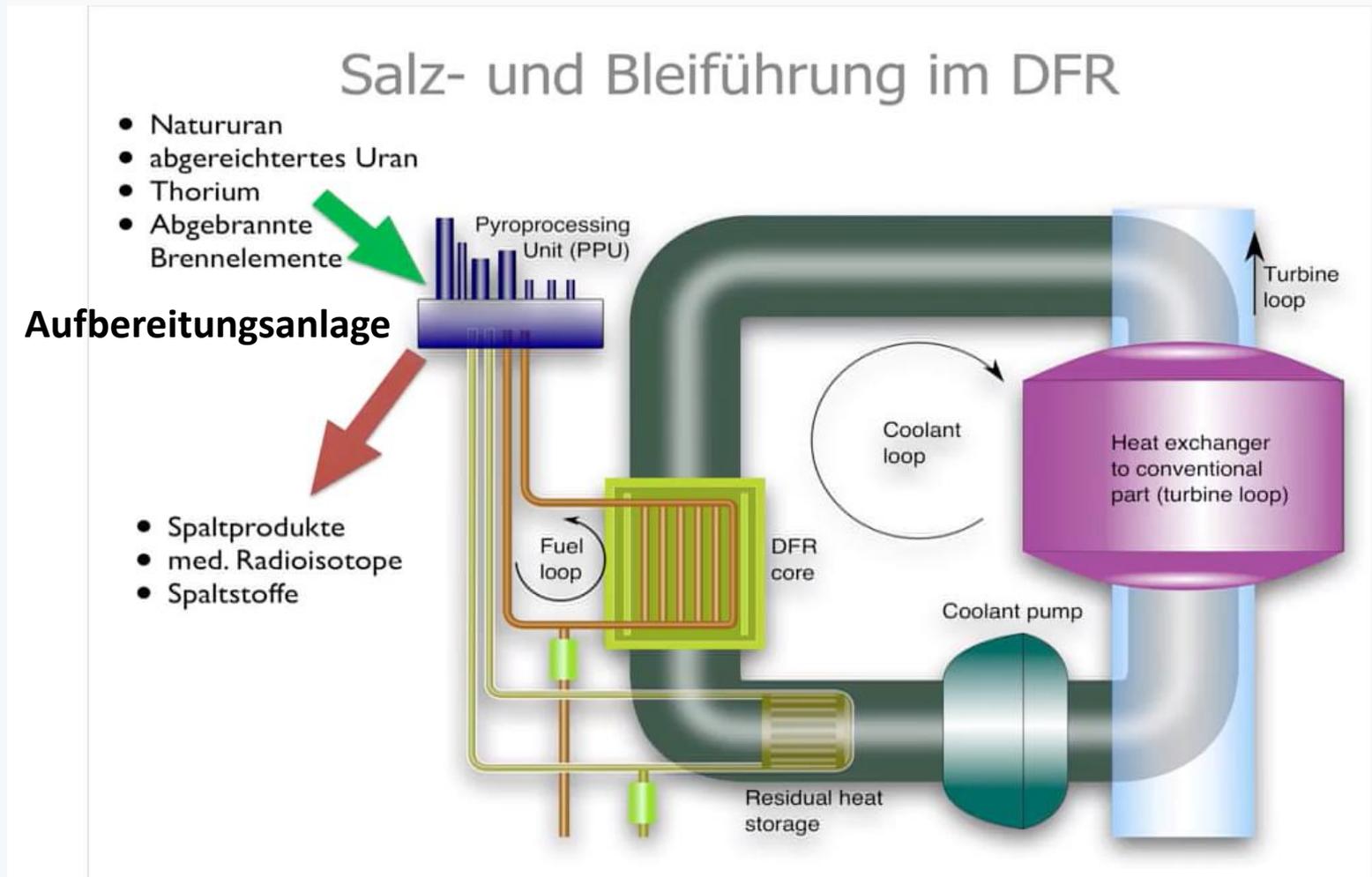


* Normalisierte Gesamtkosten 2021: 4,31 Rp./kWh. Quelle: KKG AG, Geschäftsbericht 2021

Energiebilanz von U 235

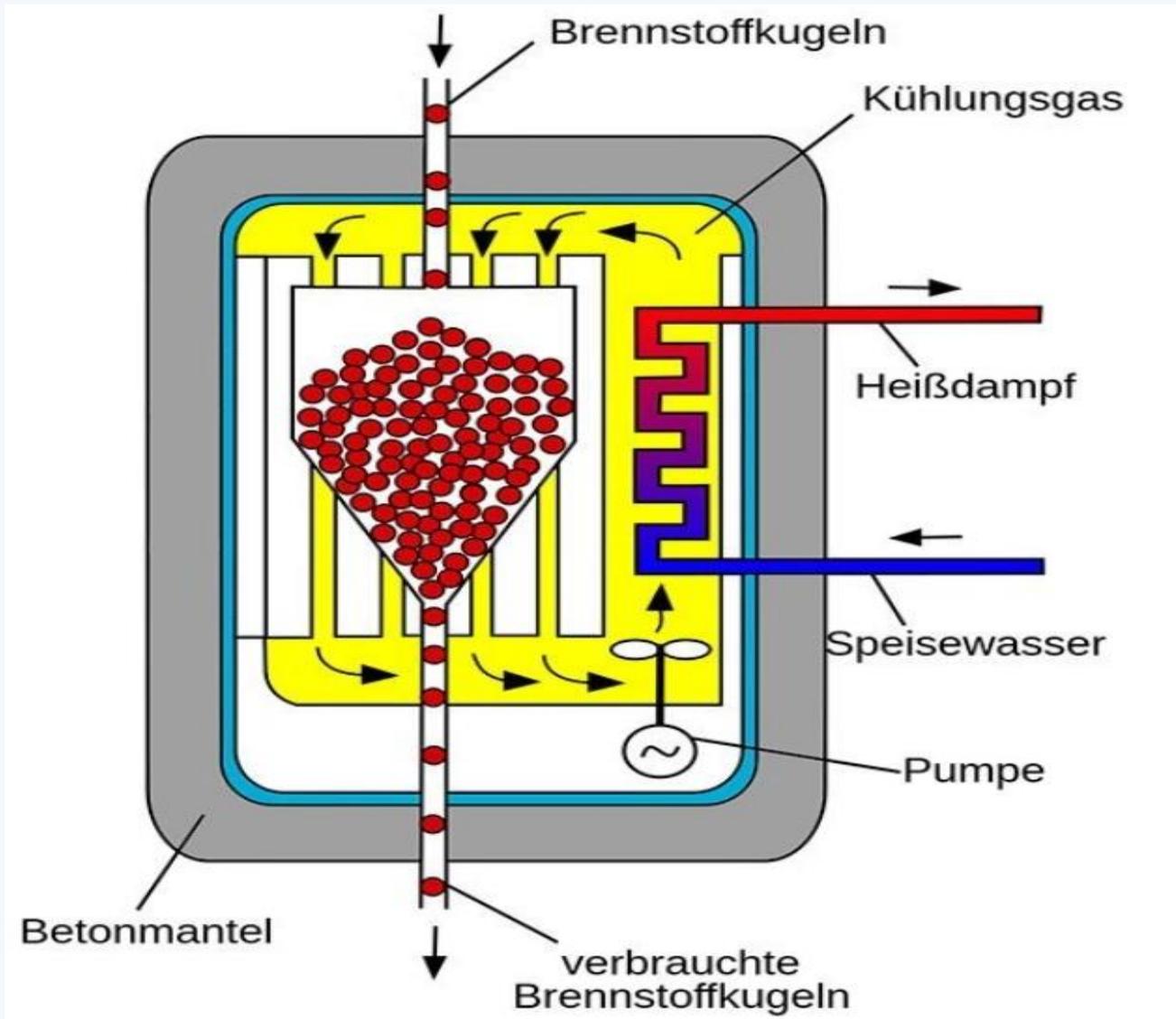


Dual Fluid Reaktor

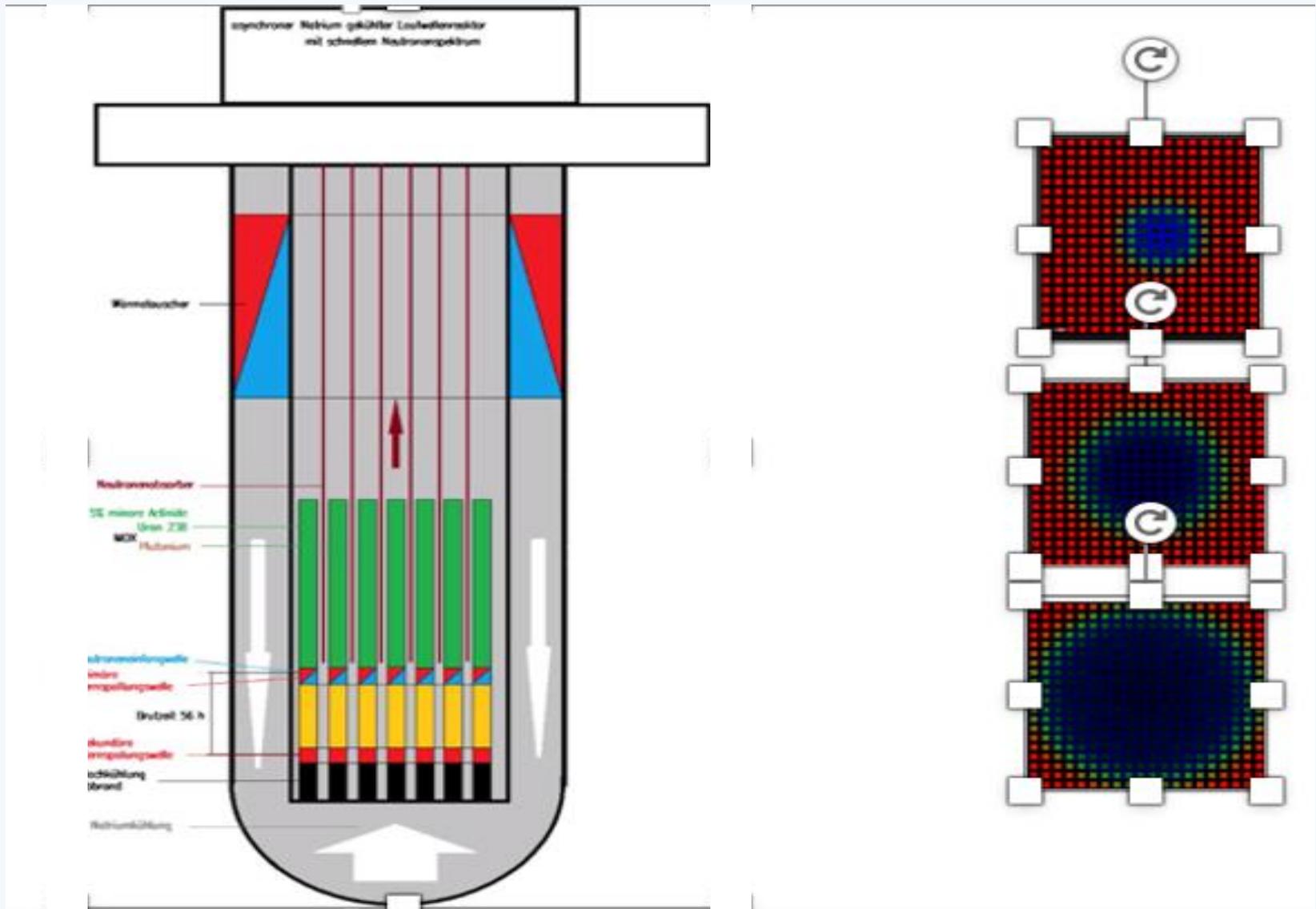


Institut für Festkörper, Kernphysik Berlin

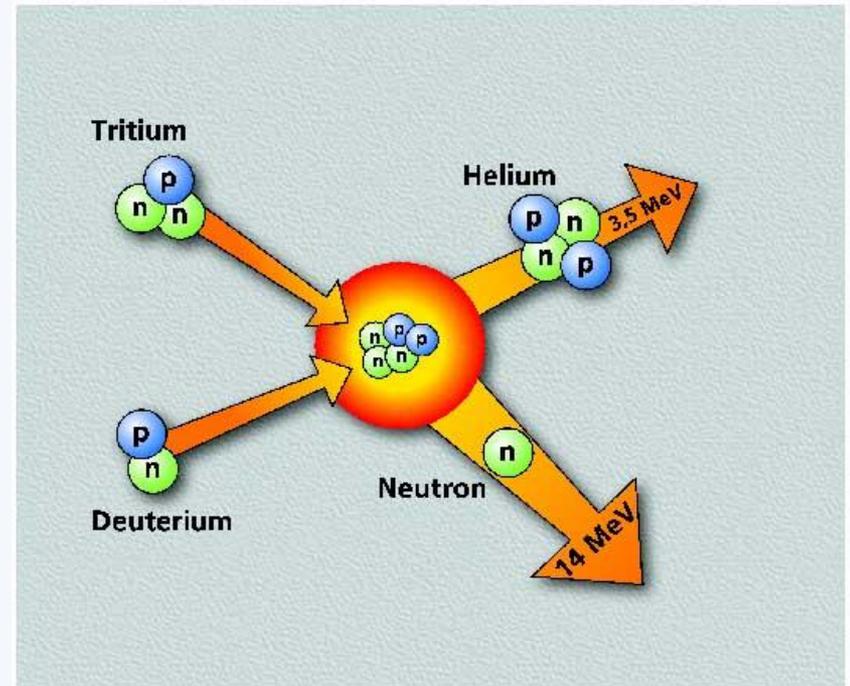
Kugelhaufen Reaktor



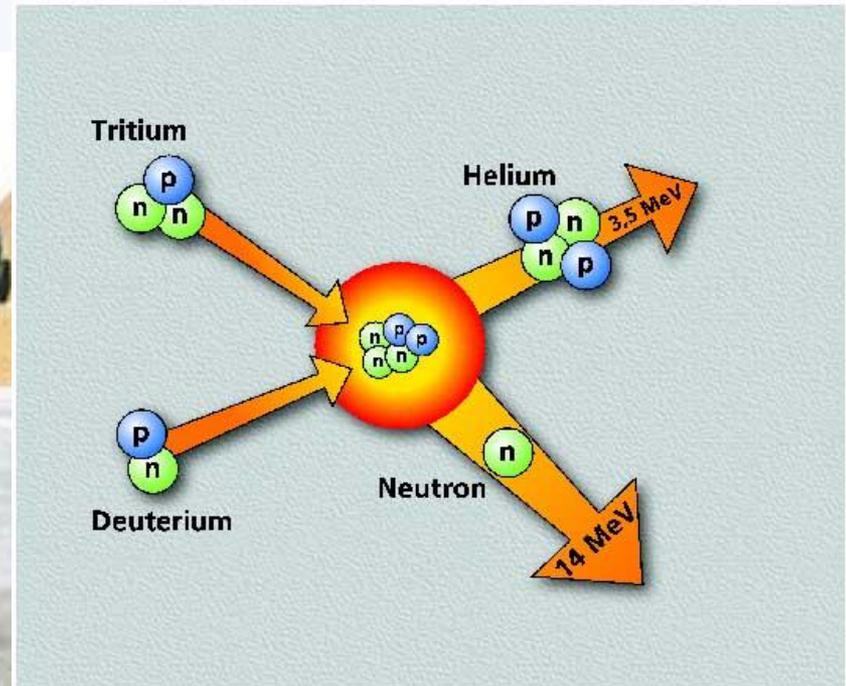
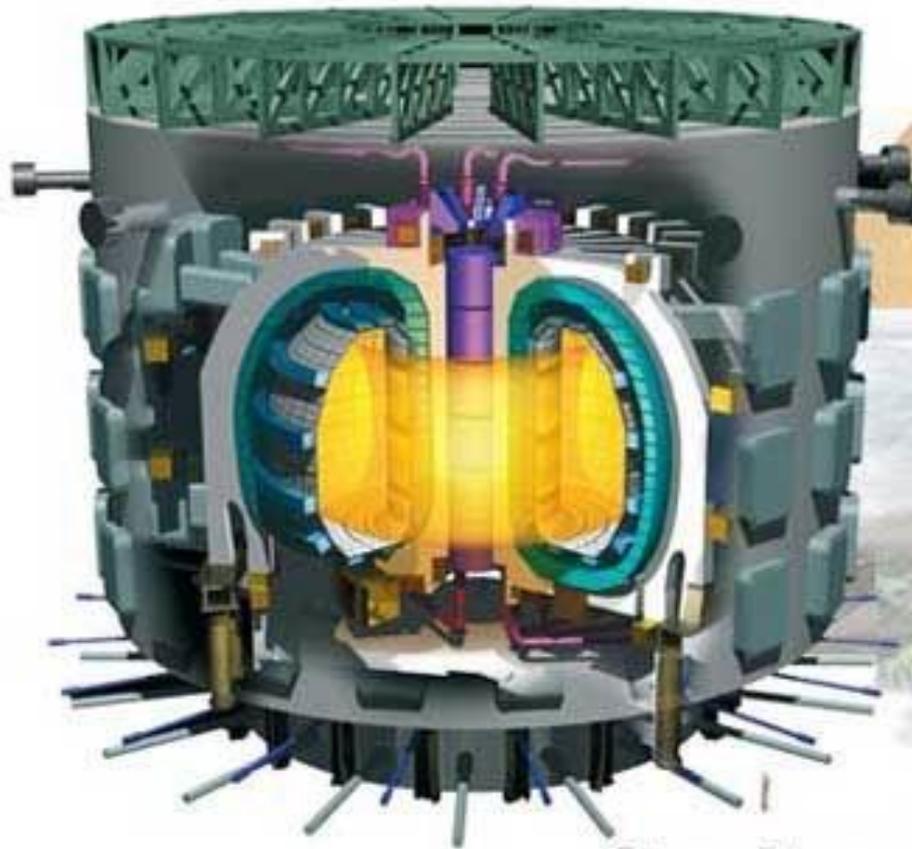
Laufwellen Reaktor



Fusionskraftwerke



Fusionskraftwerke

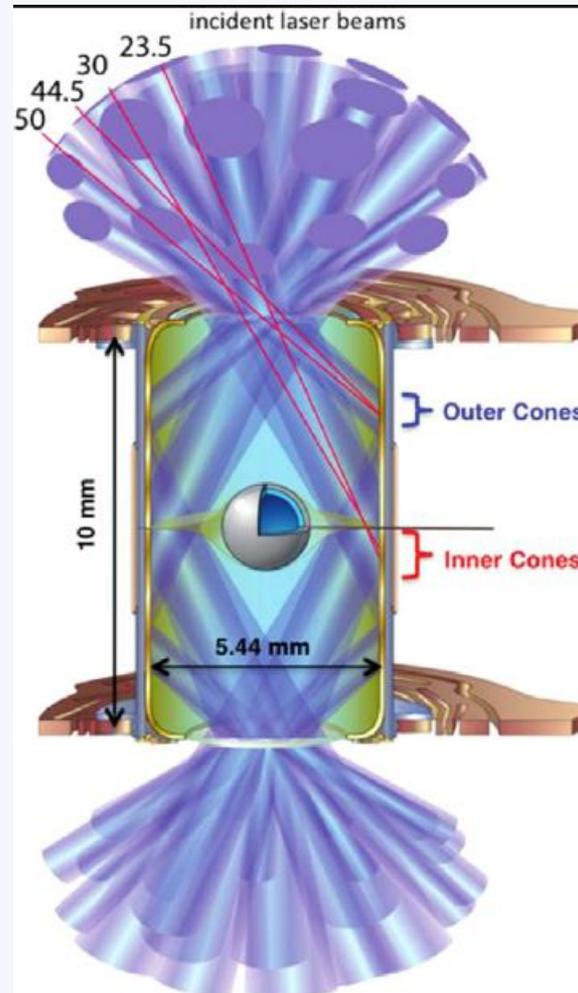


Fusion Energy:

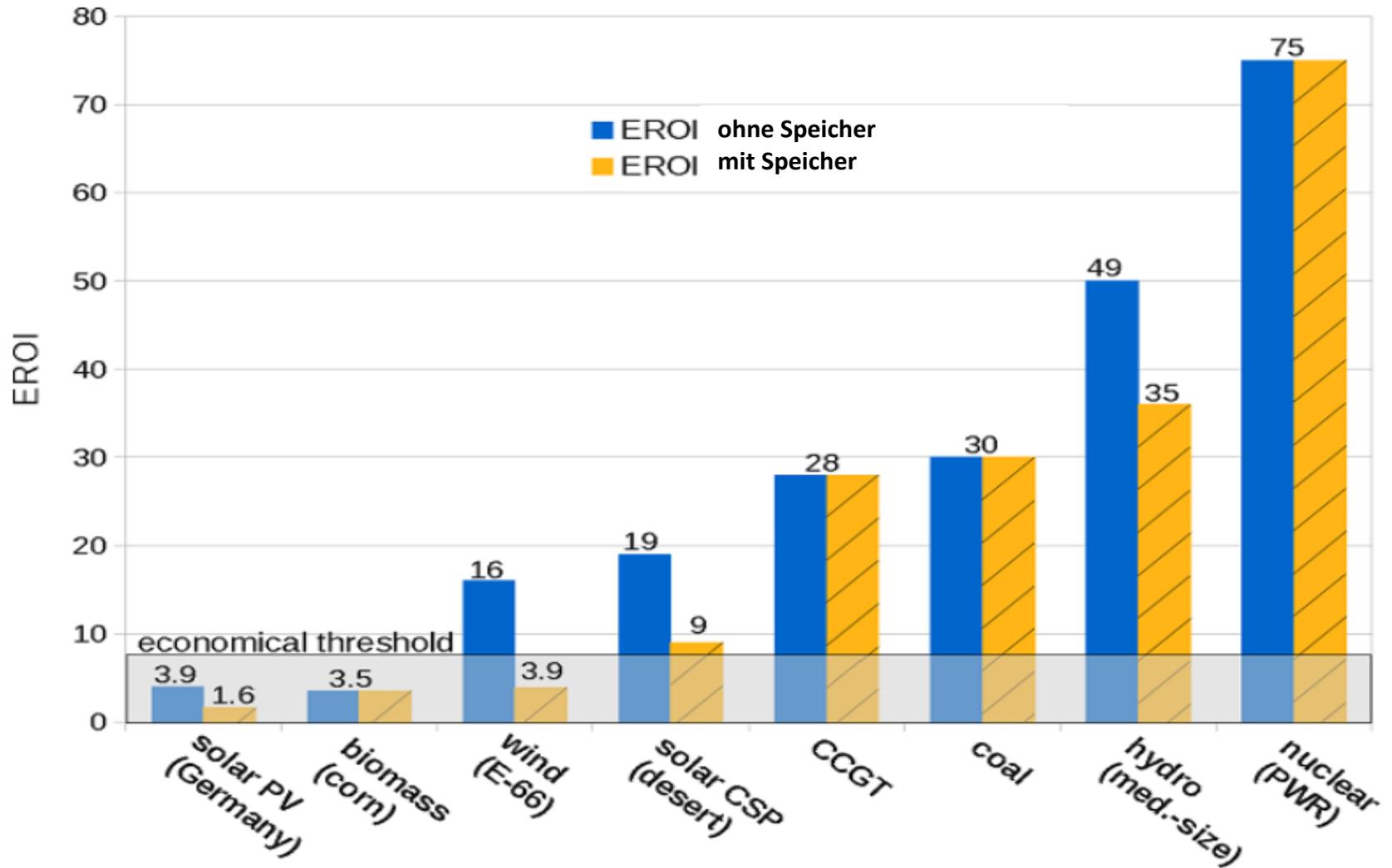
Star Power for a Sustainable Future

Laser-Direktantrieb

Bei einem direkt angetriebenen Ziel treffen starke Laserstrahlen direkt auf die Brennstoffkapsel.



Erntefaktoren



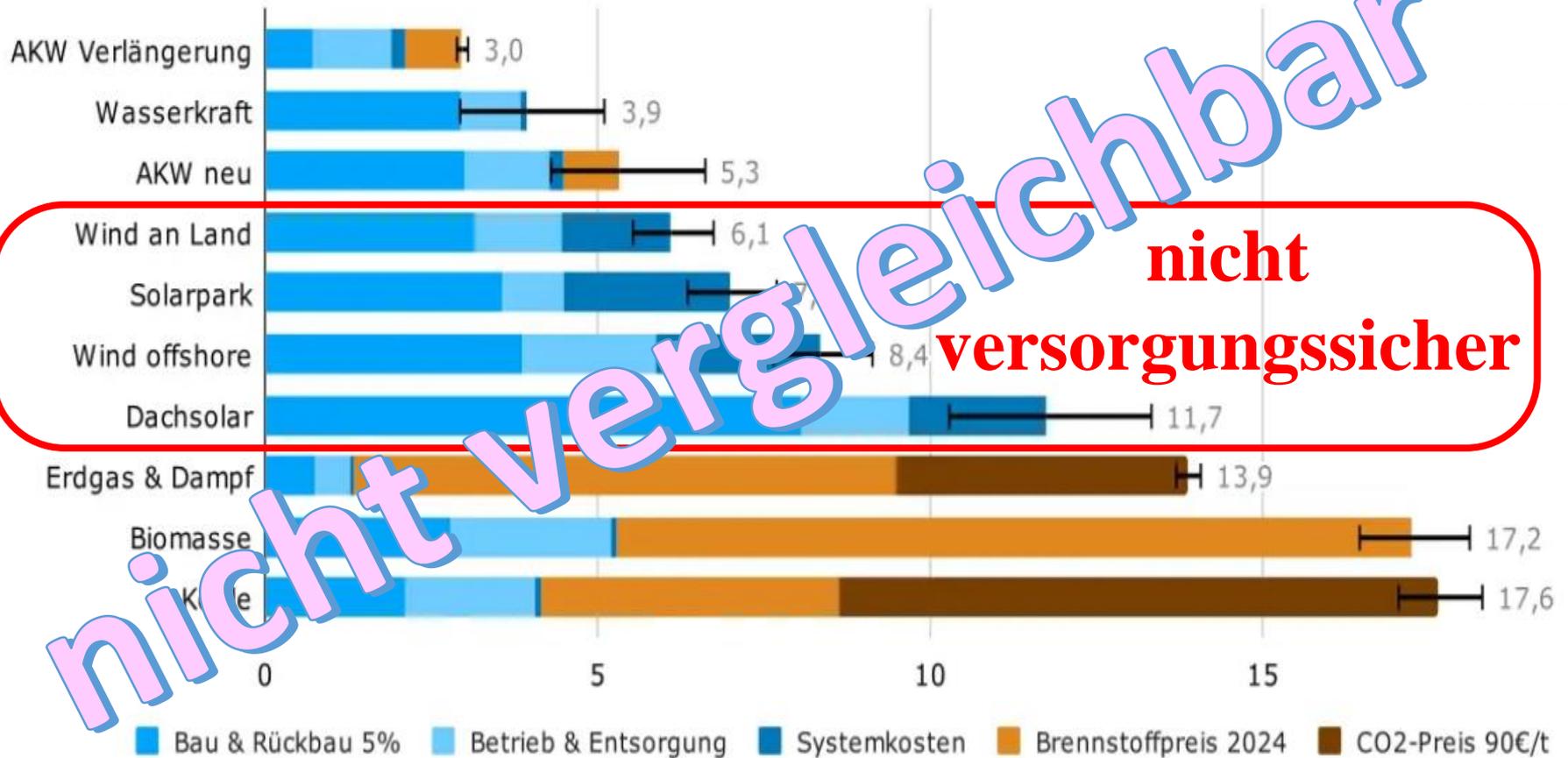
Kernkraftswerks - Mythen

- Kein Endlager
- Geringe Laständerungsgeschwindigkeit
- Notwendigkeit von Kühlwasser im Sommer
- Keine Versicherbarkeit
- Hohe Kosten
- Lange Bauzeiten
- Hohe Risiken

Märchen

Vollkosten von Stromerzeugern

in €Cent pro kWh_e für mitteleuropäische Erzeuger, 3-7% Abzinsfaktor



Quellen: Gestehungskosten: IEA (2020), Systemkosten: OECD (2018), Brennstoffkosten Kohle/Erdgas x2 gegenüber IEA Referenzwert von 2020

Vergleich Investkosten (Leistung)

1.5

0.5



Mio €/MW

4



Vergleich Investkosten (Erzeugung) Cent/KWh

3,3

2,8

0,8

Vergleich Stromerzeugungskosten Cent/KWh

10

5,3

4,2

Volatil

Stromerzeugungungskosten

mit einer Wasserstoffwirtschaft



Maßnahmen

Wir müssen uns neuen Technologien zuwenden

- **Reaktoren der Gen 3 + mit passiven Notkühlsystemen**
- **Reaktoren der Gen 4**
- **Fusionsanlagen**

Wo liegt unsere Zukunft

**Wir sollten den ständig steigenden EE Umlagebetrag von
heute 18,5 Milliarden**

**für wetterabhängige Energiesysteme zukünftig nicht jedes Jahr aus dem
Fenster werfen,
sondern dieses Kapital in**

Bildung und Grundlagenforschung

**investieren, dann hätten unsere Enkel und unsere Industrie
auch eine Zukunft**

Wir müssen uns neuen Technologien zuwenden



Energie gestern und heute

Homepage

www.energiewende-juergen-schoettle.de