

# Kernenergie

Einführung in die Technik und die  
Anti-Atomkraftbewegung

C. Pistner

Kernenergie - Überrest des Kalten Krieges oder  
Hoffnungsträger für die Zukunft?

Gummersbach, 24.05.2019

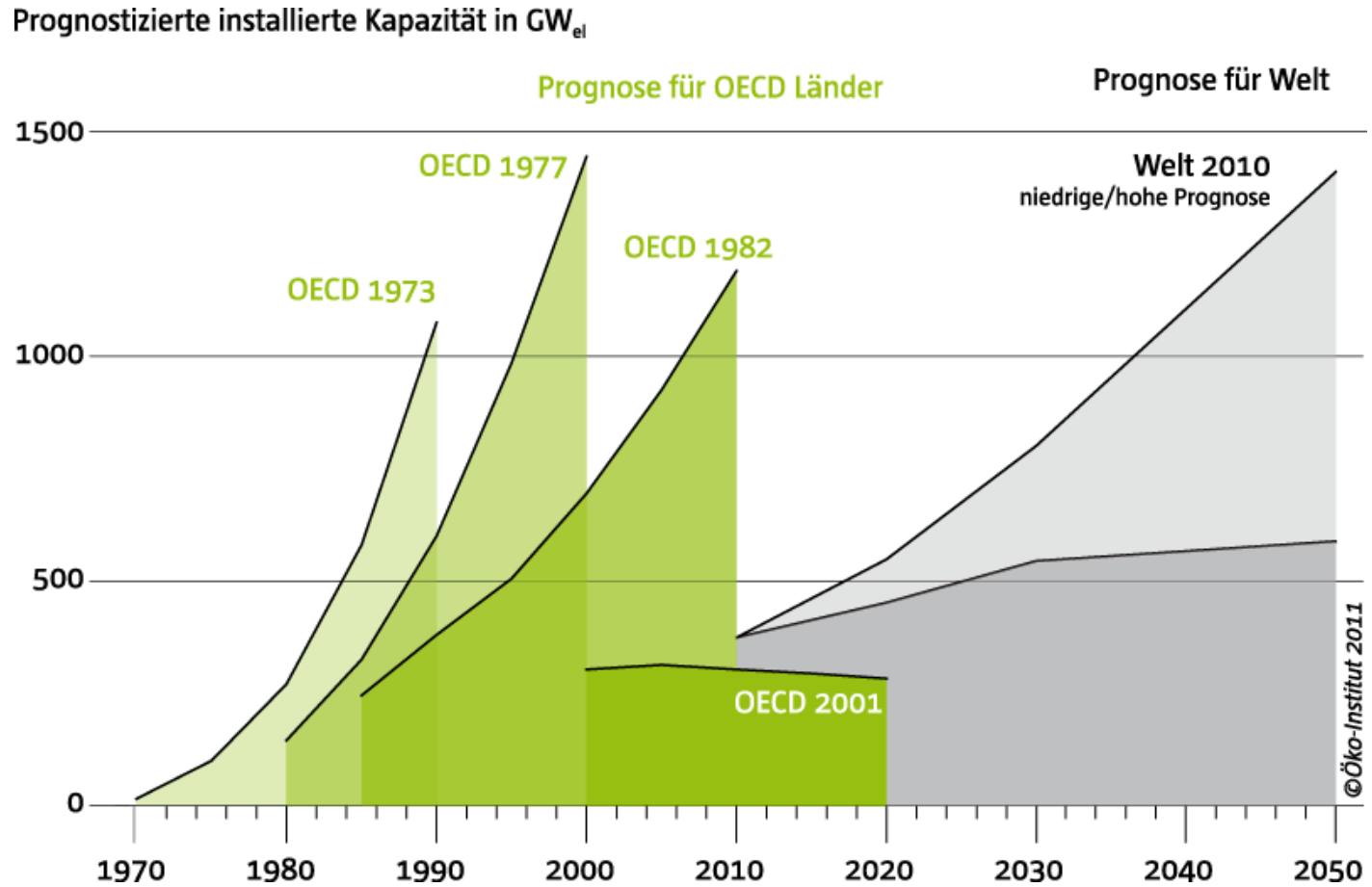
# Agenda

- 1** Zum Stand der Kernenergienutzung
- 2** Physikalische Grundlagen
- 3** Funktionsweise von Kernreaktoren
- 4** Radioaktivität und Strahlenschutz
- 5** Problemfelder der Kernenergie
- 6** Die Diskussion um die Kernenergie in Deutschland
- 7** Ausblick

# 1

## Zum Stand der Kernenergienutzung

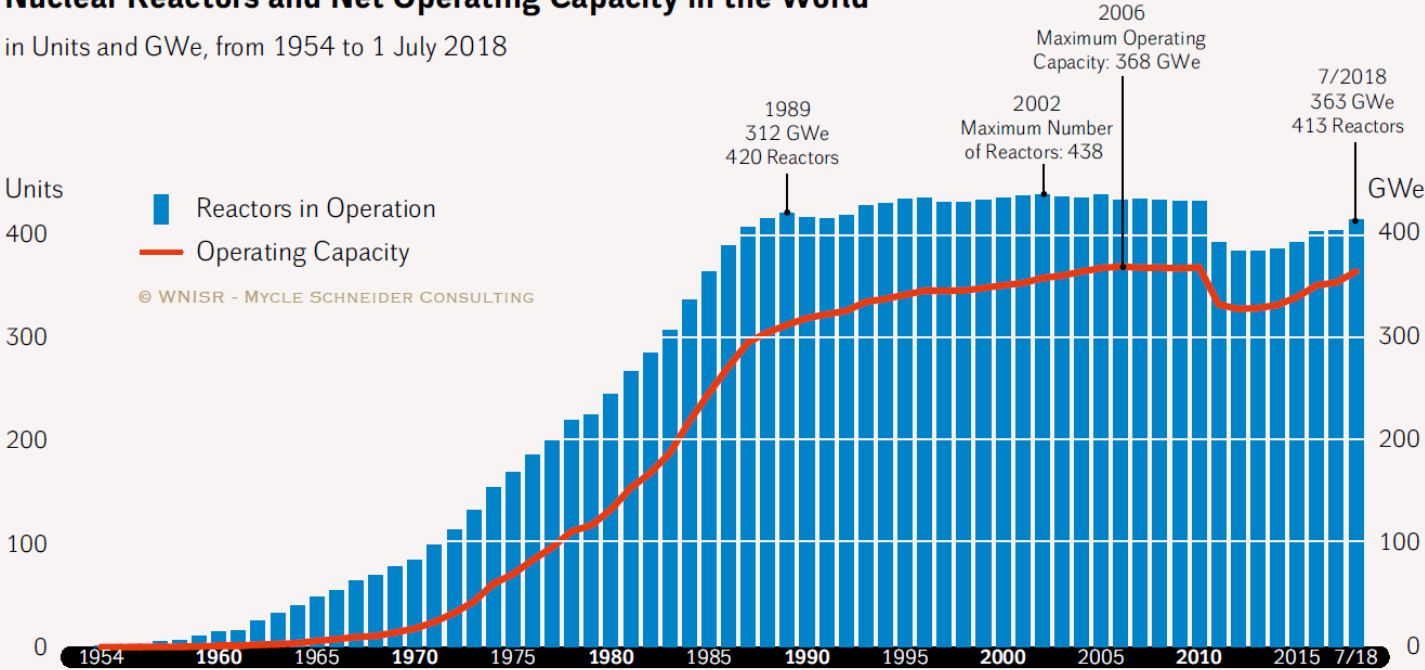
# Historische Prognosen zur Kernenergieentwicklung



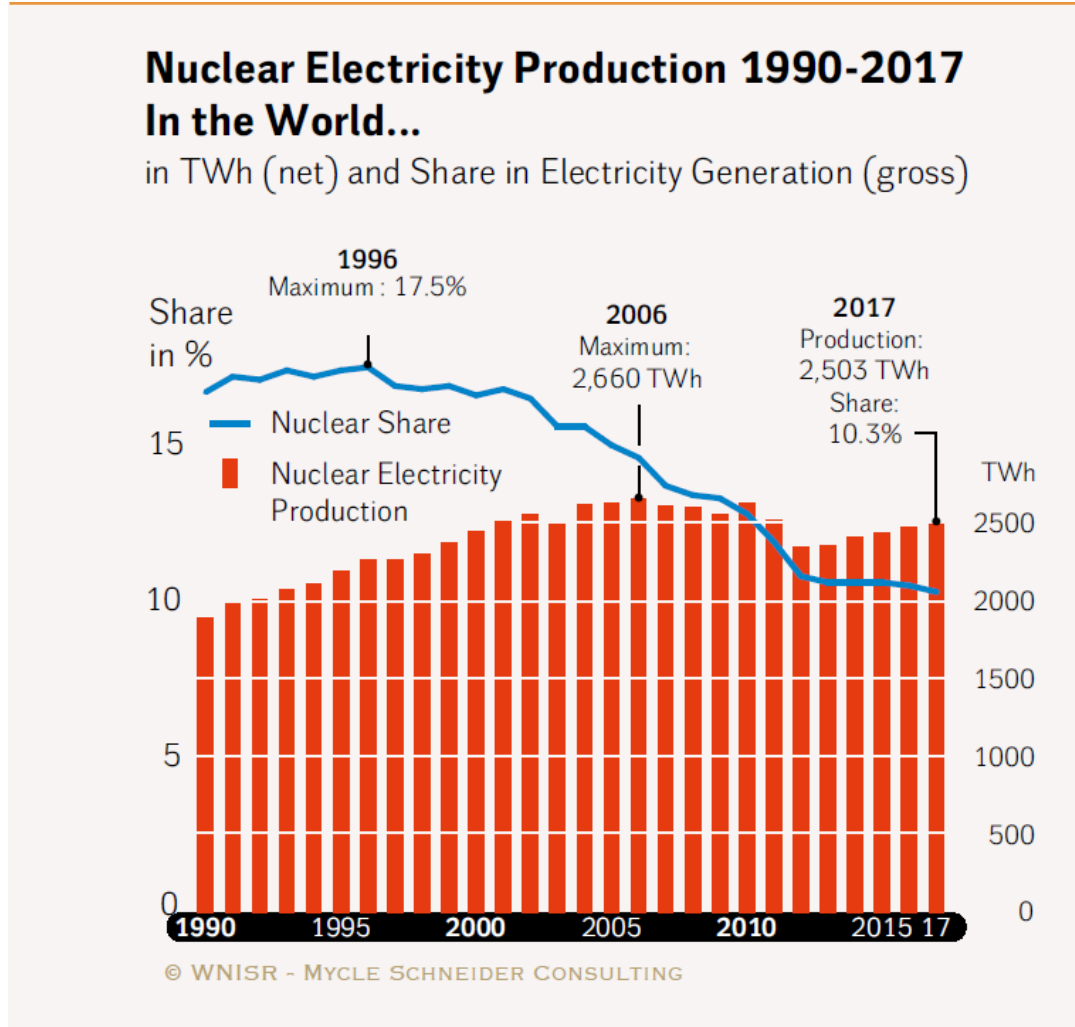
# Kernreaktoren weltweit 1954-2018

## Nuclear Reactors and Net Operating Capacity in the World

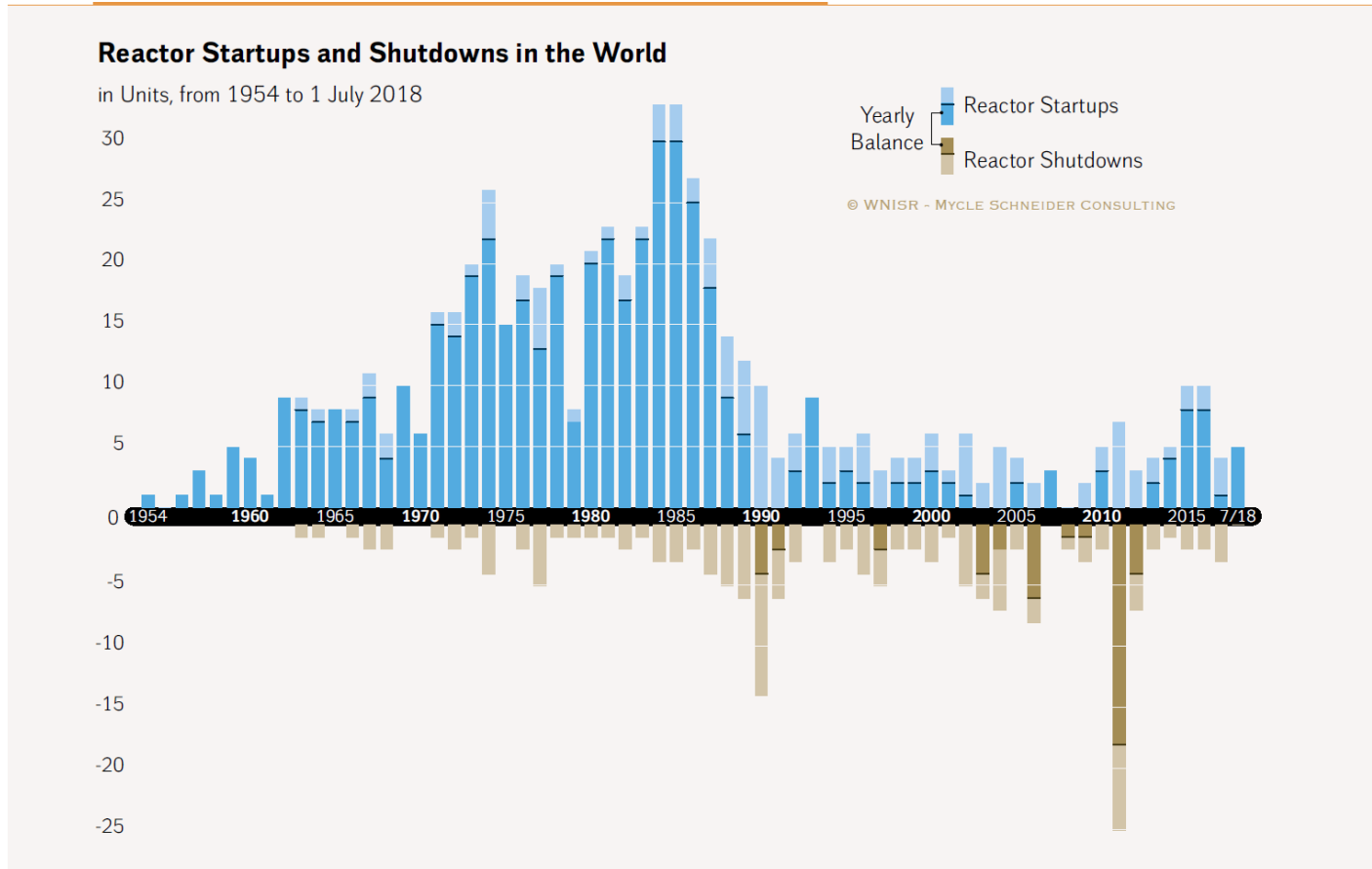
in Units and GWe, from 1954 to 1 July 2018



# Stromproduktion weltweit



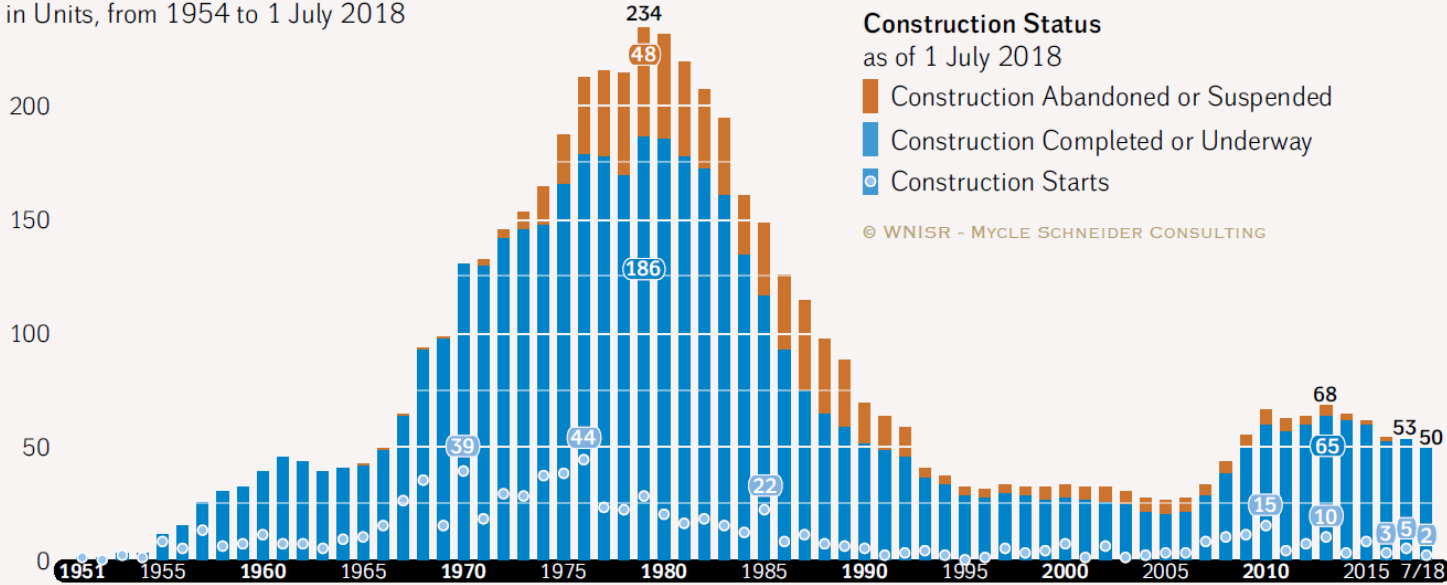
# Kernreaktoren - Inbetriebnahme und Stilllegung



# Kernreaktoren in Bau

## Reactors Under Construction in the World

in Units, from 1954 to 1 July 2018

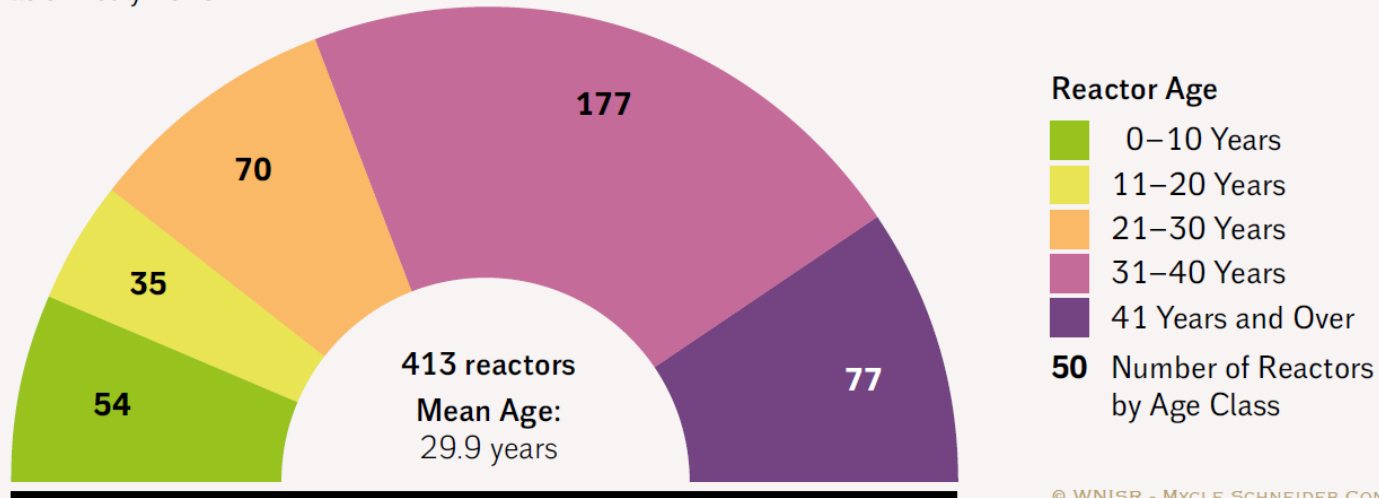




# Kernreaktoren – Altersverteilung

## Age of World Nuclear Fleet

as of 1 July 2018

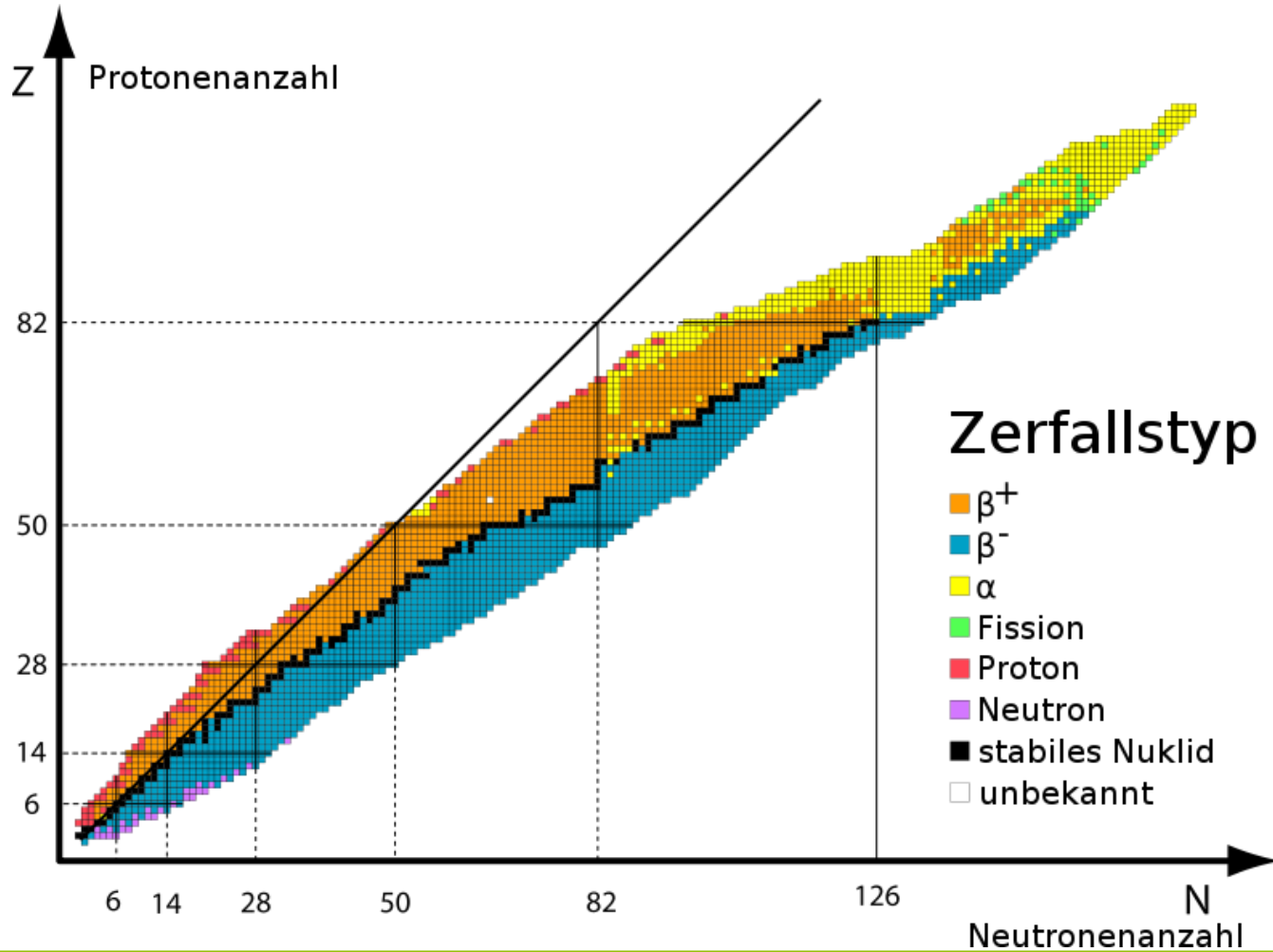


© WNISR - MYCLE SCHNEIDER CONSULTING

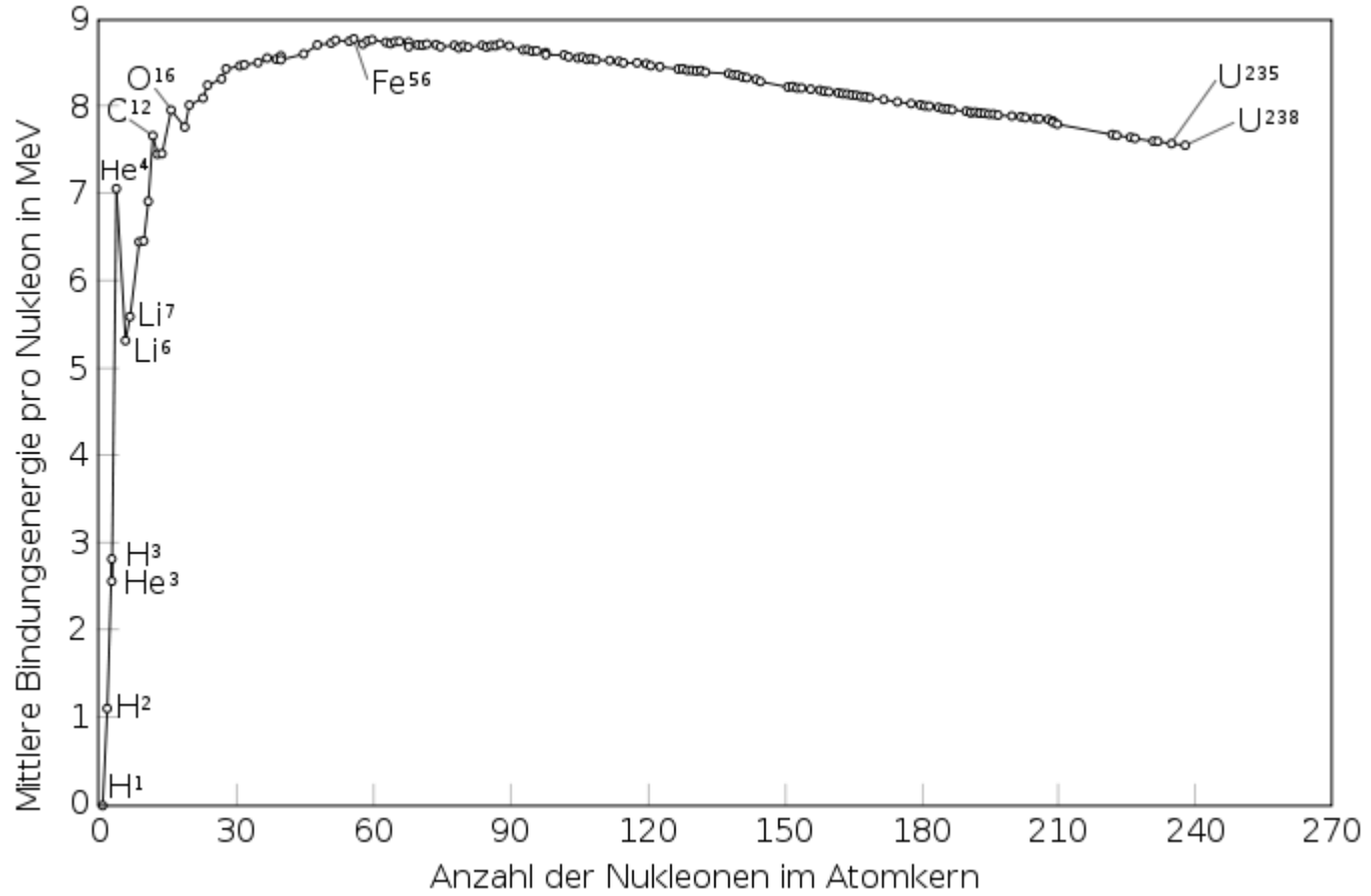
# 2

## Physikalische Grundlagen

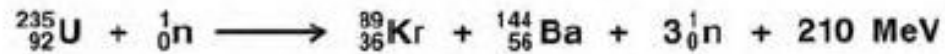
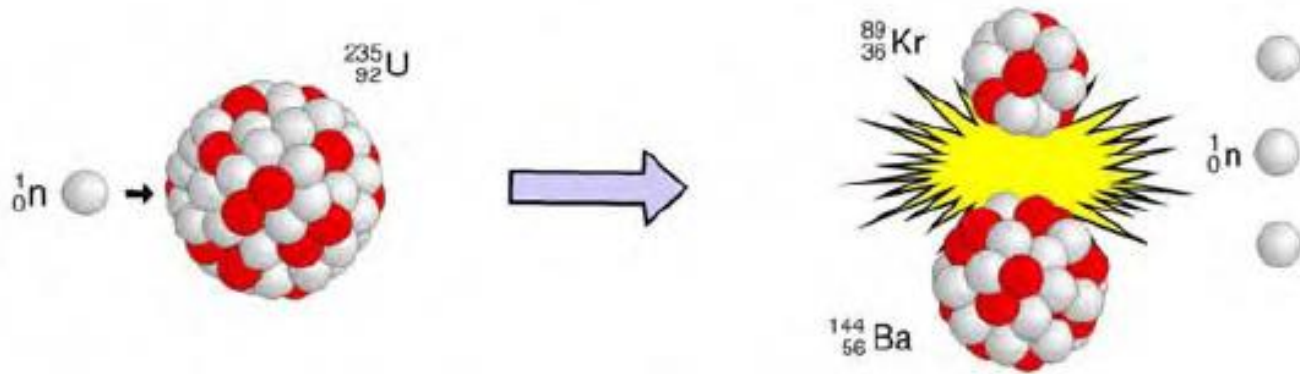
# Aufbau der Nuklide



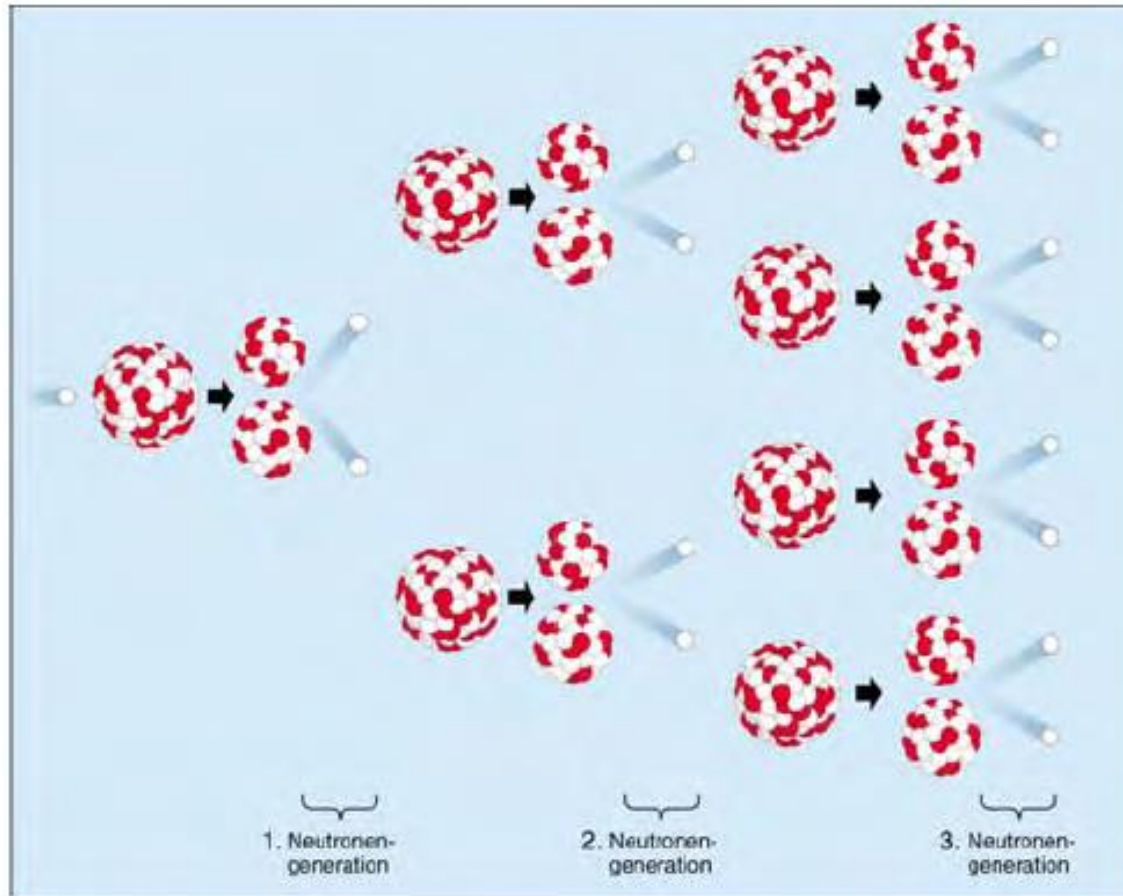
# Bindungsenergie



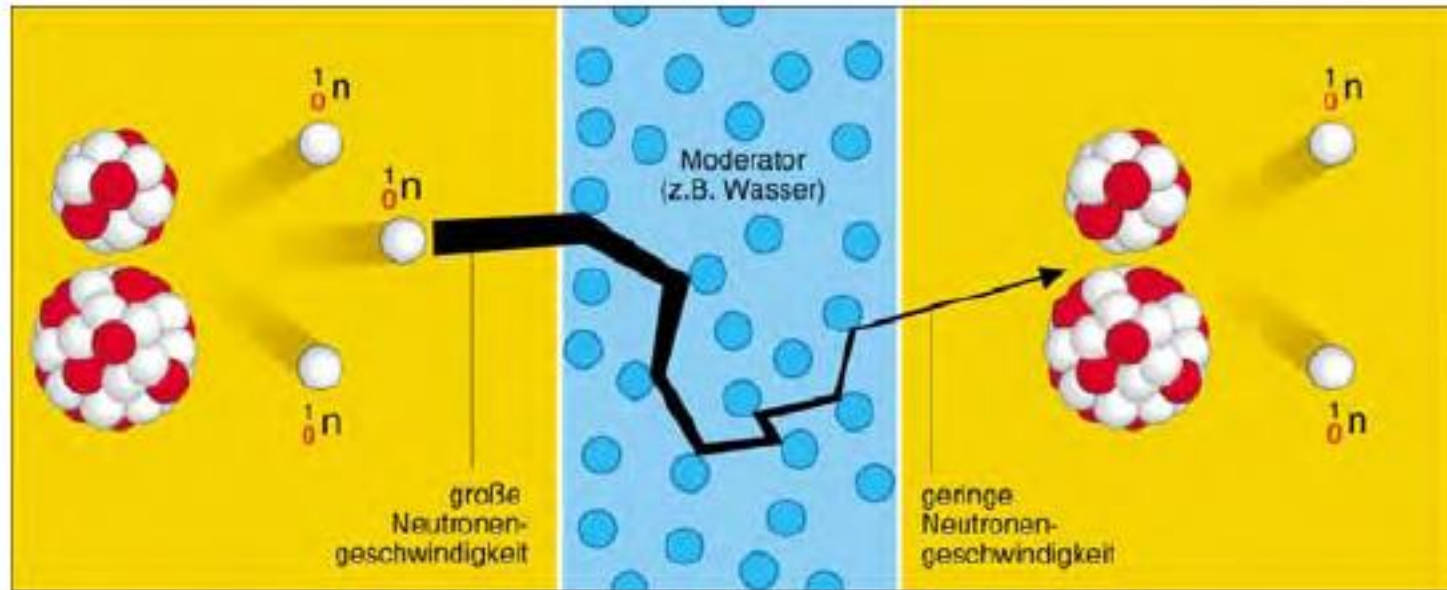
# Kernspaltung



# Kettenreaktion



# Moderation (Abbremsen von Neutronen)

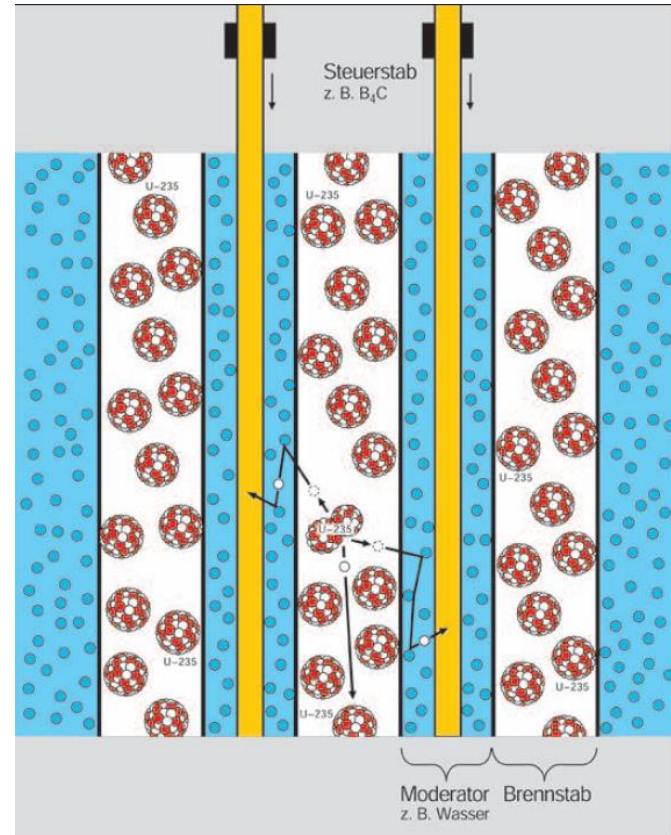
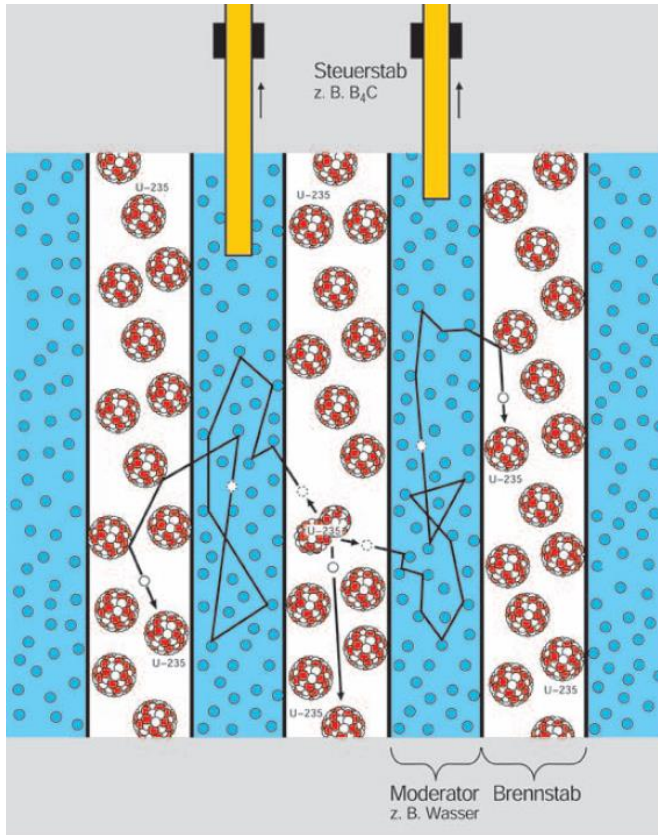


# 3

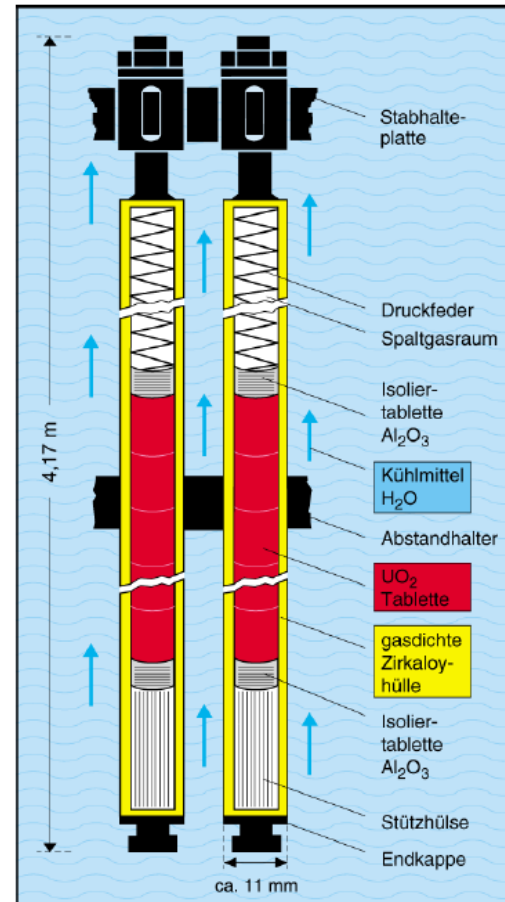
## Funktionsweise von Kernreaktoren



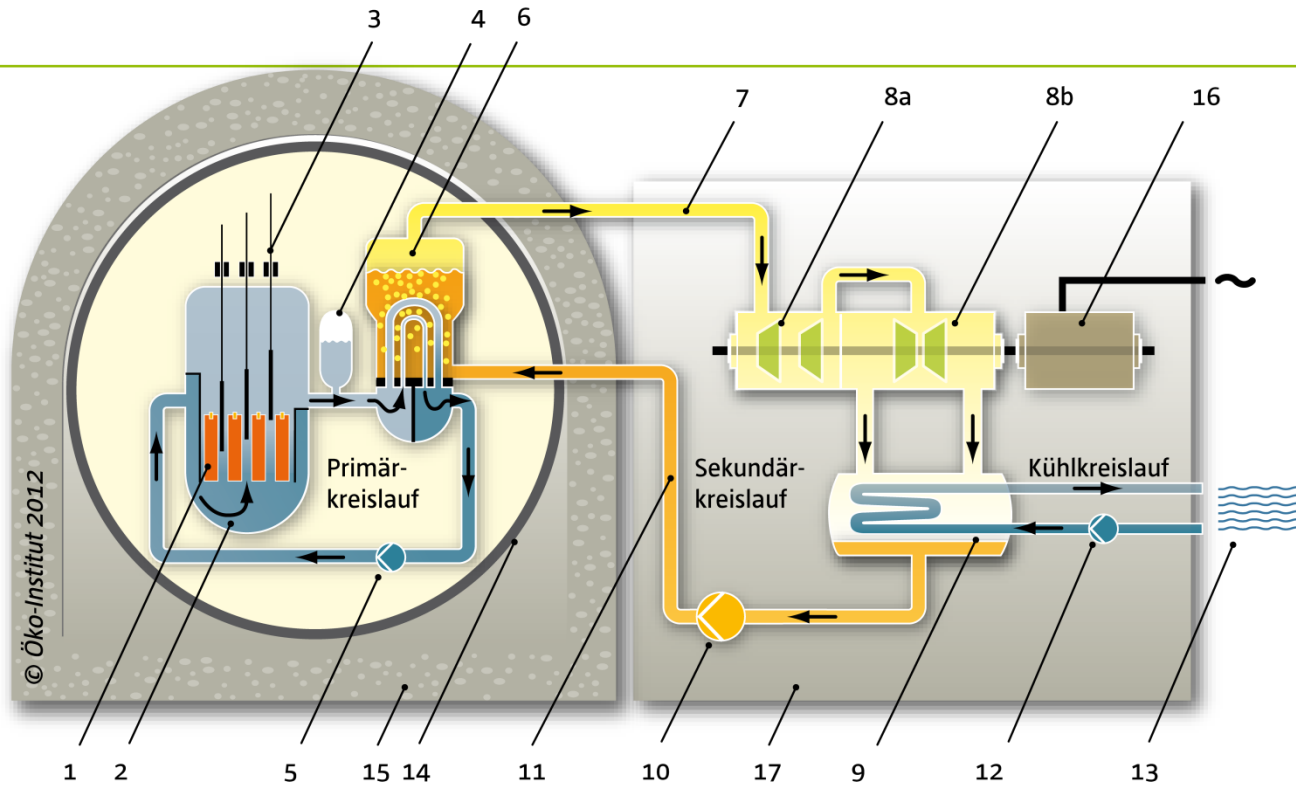
# Reaktorsteuerung



# Aufbau Brennstab/Brennelement



# Druckwasserreaktor (DWR)



### Primärkreislauf

- 1 Brennelemente
- 2 Reaktordruckbehälter
- 3 Steuerstäbe
- 4 Druckhalter
- 5 Hauptkühlmittelpumpe

### Sekundärkreislauf

- 6 Dampferzeuger
- 7 Frischdampf
- 8a Hochdruckteil der Turbine
- 8b Niederdruckteil der Turbine
- 9 Kondensator
- 10 Speisewasserpumpe
- 11 Speisewasser

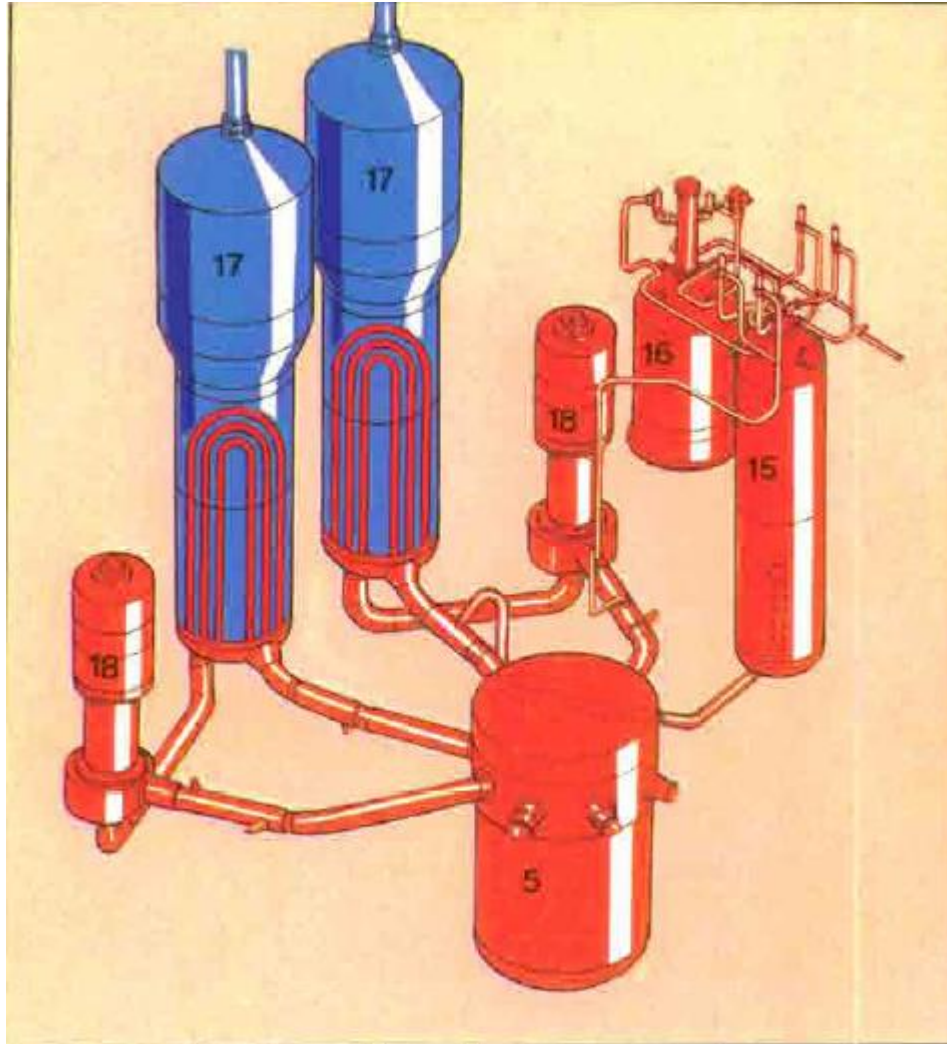
### Kühlkreislauf

- 12 Hauptkühlwasserpumpe
- 13 Fluss/Meer/Kühlturm

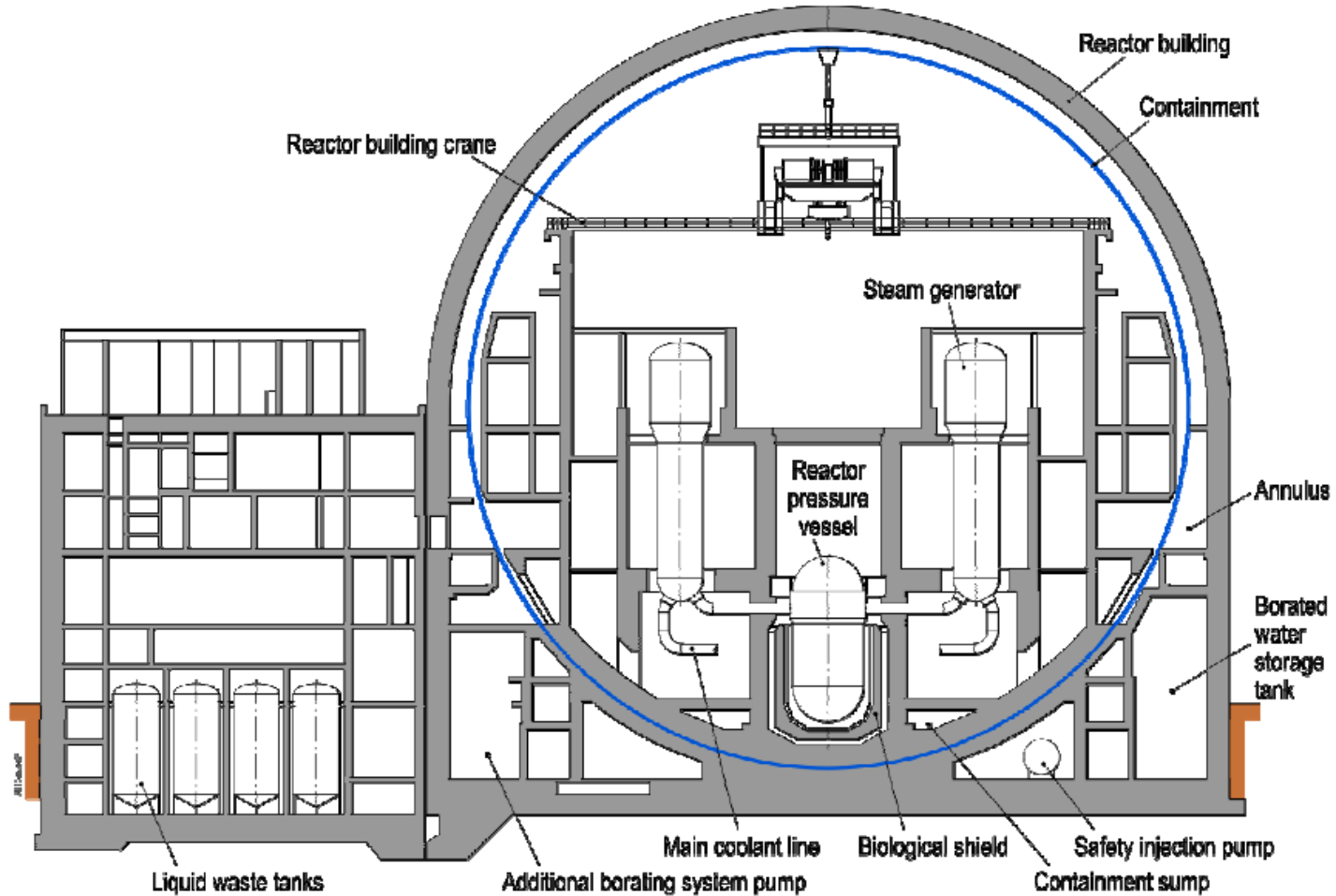
### Sonstiges

- 14 Sicherheitsbehälter (Stahl)
- 15 Reaktorgebäude (Betonkuppel)
- 16 Generator
- 17 Maschinenhaus

# Kühlkreislauf Druckwasserreaktor



# Querschnitt Druckwasserreaktor



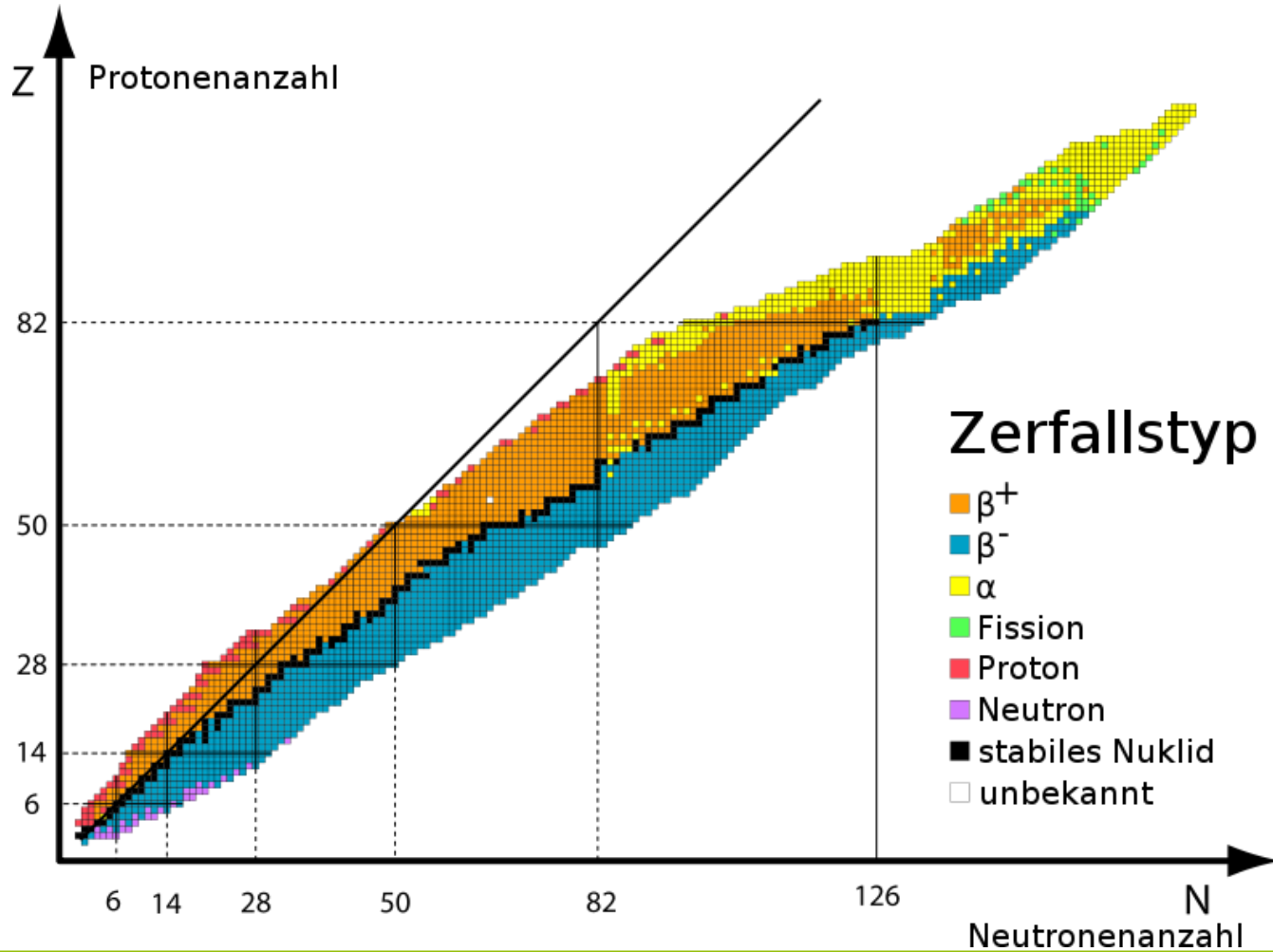
# Variationen

- Moderation:
  - Ja: Wasser (Leicht, Schwer), Graphit ...
  - Nein: „Schnelle“ Reaktoren
- Kühlung:
  - Wasser (Leicht, Schwer), Gas (Helium, CO<sub>2</sub>), Flüssigmetalle (Natrium, Blei)
- Brennstoff:
  - Natururan, angereichertes Uran, Uran/Plutonium (MOX), Thorium/Uran ...
  - Fest (Brennstäbe, Platten, Kugeln ...)
  - Flüssig?
- Typen: DWR, SWR, CANDU, MAGNOX, AGR, RBMK, SFR ...

# 4

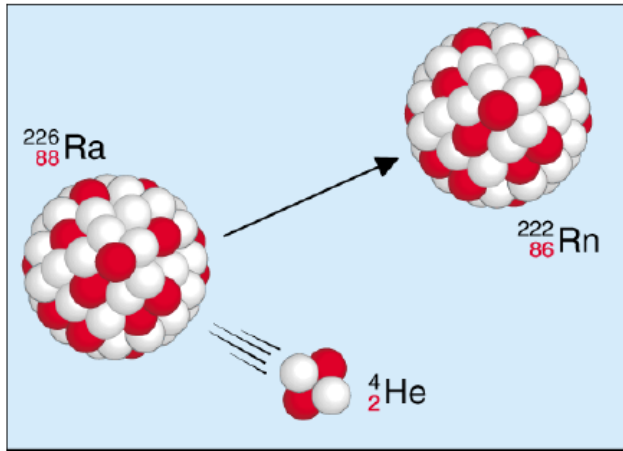
## Radioaktivität und Strahlenschutz

# Aufbau der Nuklide

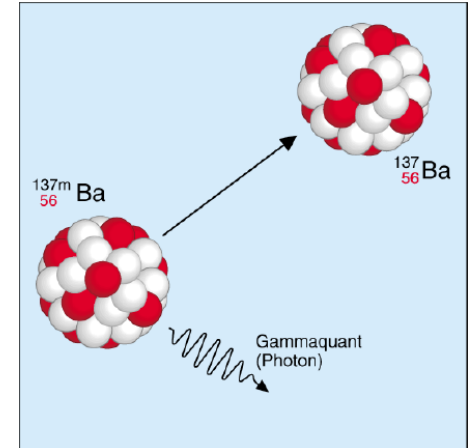




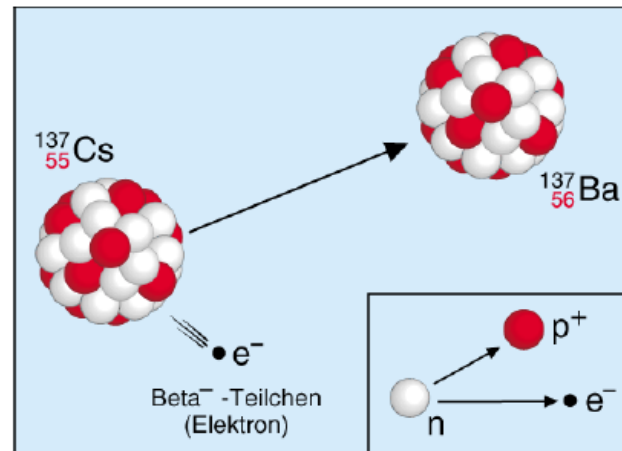
# Radioaktivität



**α-Strahlung**

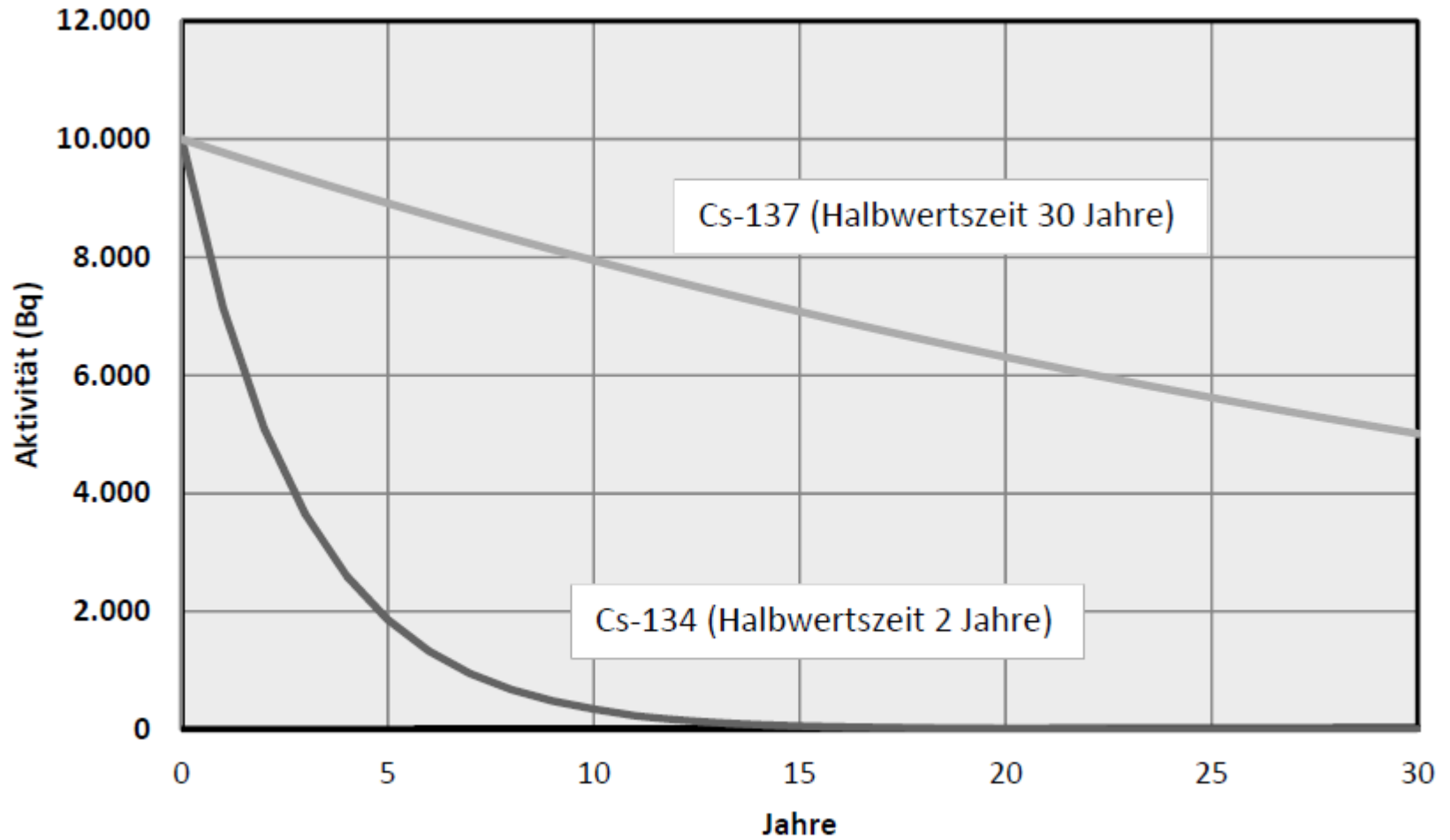


**γ-Strahlung**



**β<sup>-</sup>-Strahlung**

# Halbwertszeit



# Effektive Halbwertszeit

Nuklid	physikalische Halbwertszeit	biologische Halbwertszeit	effektive Halbwertszeit
Tritium	12,3 a	10 d	10 d
Iod-131	8 d	80 d	7,2 d
Cäsium-134	2,1 a	110 d	96 d
Cäsium-137	30,2 a	110 d	109 d
Plutonium-239	24100 a	50 a	49,9 a

# Einige wichtige Radionuklide und ihre Eigenschaften

Nuklid	Halbwertszeit	Zerfallsart	Menge im Reaktor*
Xenon-133	5,2 Tage	Beta/Gamma	$8 \times 10^{18}$ Bq
Iod-131	8,0 Tage	Beta/Gamma	$4 \times 10^{18}$ Bq
Strontium-90	28,79 Jahre	Beta	$2 \times 10^{17}$ Bq
Cäsium-137	30,07 Jahre	Beta/Gamma	$3 \times 10^{17}$ Bq
Plutonium-239	24.110 Jahre	Alpha	$1 \times 10^{15}$ Bq
Uran-238	4,5 Milliarden Jahre	Alpha	$1 \times 10^{12}$ Bq
<p><b>*Typisches Inventar in einem großen Kernkraftwerk mit 1.300 Megawatt elektrischer Leistung direkt nach der Abschaltung des Reaktors</b></p>			

# Risiken einer Strahlenexposition

<b>Risiko (Annahme: lineare Dosis-/Wirkungsbeziehung)</b>		
Dosis von 1 Sv:		
Tödliche Krebserkrankung und Nichttödliche Krebserkrankung	5,5%	1 : 18
Schwerwiegende vererbare Wirkungen	0,2 %	1 : 500
Insgesamt	5,7%	1 : 18
Dosis von 100 mSv:		
Alle Wirkungen	0,57%	1 : 175
Dosis von 1 mSv:		
Alle Wirkungen	0,005.7%	1 : 17.500
Dosis von 10 µSv:		
Alle Wirkungen	0,000.057%	1: 1.750.000

# 5

## Problemfelder der Kernenergie

# 5.1

## Reaktorsicherheit und das Risiko schwerer Unfälle

# Zentrale Aspekte der Reaktorsicherheit

Durch lange Zykluszeit (typisch ein Jahr oder mehr):

- Anfängliche Überschussreaktivität
- Hohes Radioaktives Inventar

Hohe Leistungsdichte:

- Nukleare versus chemische Energieumwandlung  
Faktor eine Million

Nachzerfallswärme:

- Auch nach Sofortabschaltung noch erhebliche Wärmeproduktion durch radioaktiven Zerfall



# Energiefreisetzung bei der Spaltung

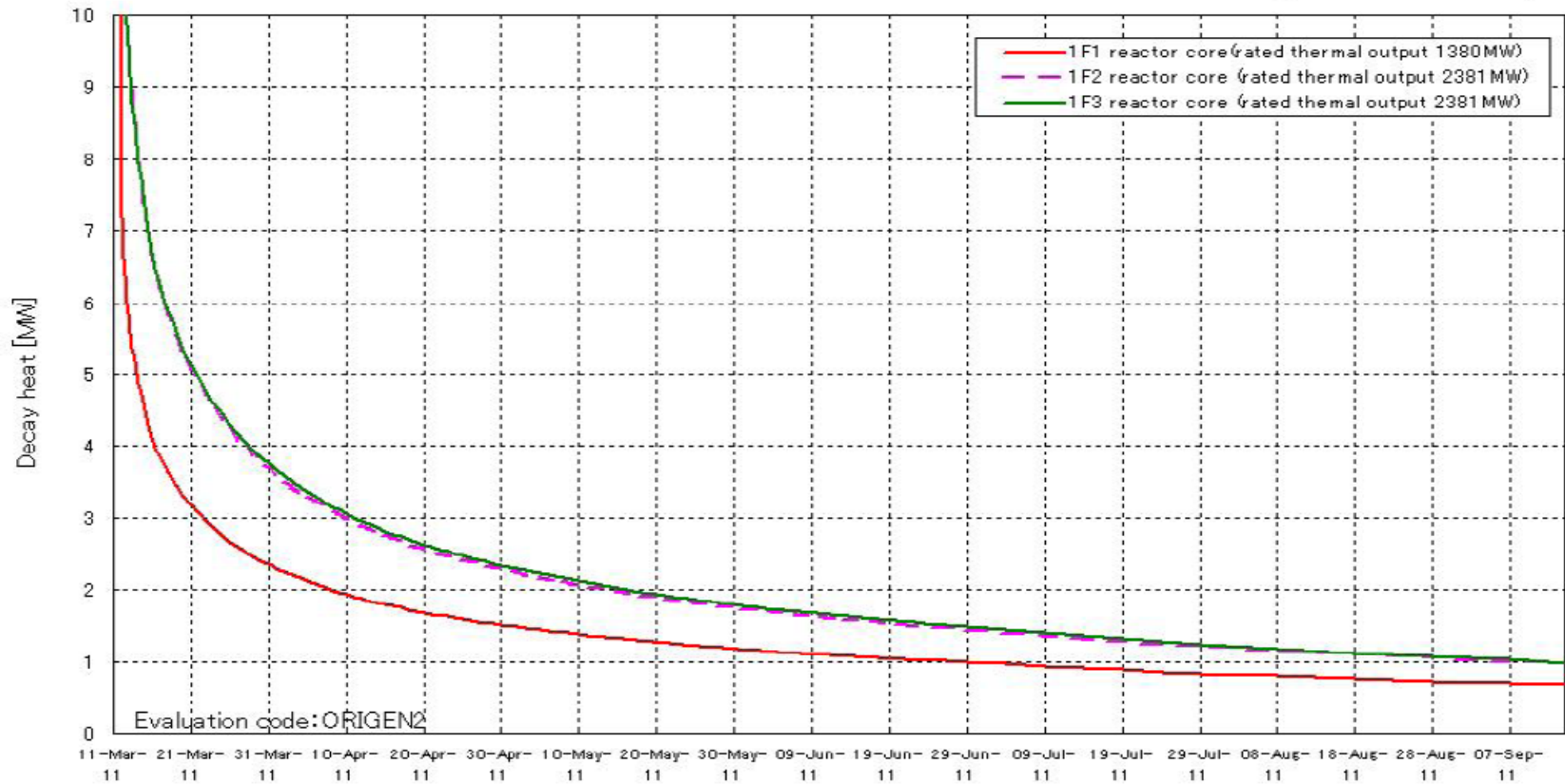
Kinetische Energie der Spaltprodukte	175 MeV	83,3 %
Kinetische Energie der Spaltneutronen	5 MeV	2,4 %
Energie der Gamma-Strahlung (unmittelbar)	7 MeV	3,3 %
Energie aus radioaktiven Zerfällen (verzögert)	13 MeV	<b>6,2 %</b>
Energie der Neutrinos	10 MeV	4,8 %
<b>Summe</b>	<b>210 MeV</b>	

# Nachzerfallsleistung am Beispiel Fukushima: die ersten 6 Monate nach Abschaltung

Decay Heat of Fuel in Reactor (changes in a half year period after the earthquake)

May 26, 2011

Tokyo Electric Power Company



## Was bedeutet das?

Block 1, Fukushima Daiichi, thermische Leistung 1.380 MW,  
Kühlung durch Verdampfung:

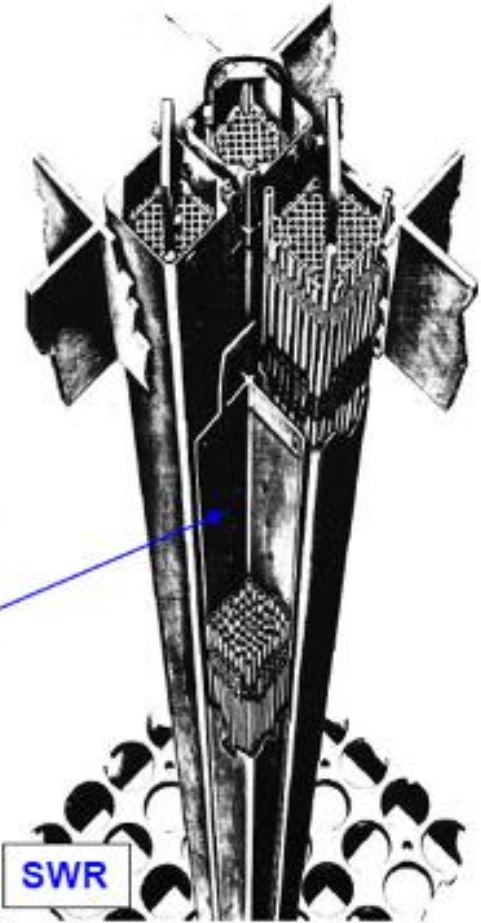
- Nach einer Stunde ca. 22 MW  
→ 31 Tonnen Wasser pro Stunde
- Nach einem Tag ca. 11 MW  
→ 15 Tonnen Wasser pro Stunde
- 1. Juli 2011 ca. 1 MW  
→ 1,4 Tonnen Wasser pro Stunde
  
- 19.02.2015, Kühlung ohne Verdampfung  
→ 315 m<sup>3</sup> pro Tag

# Kernschmelzproblematik



**DWR**

Temp. [K]	Ereignis
3120	Schmelzpunkt von $UO_2$
2960	Schmelzpunkt von $ZrO_2$
2620	Schmelzpunkt von $B_4C$
2400 - 2600	Zerstörung der Brennstäbe
2100	Beg. Verflüssigung $UO_2$ - Zry
2030	Schmelzpunkt von Zry
1850	Eskalation der Zry-Oxidation
1700	Schmelzpunkt von Edelstahl
1450	Eutektika Zry - Ag, Zerstörung DWR-Steuerstäbe
1420	Eutektika Stahl - $B_4C$ , Zerstörung SWR-Steuerstäbe
1270	verstärkte Zry-Oxidation
1210	Eutektika Stahl - Zr, relevant für DWR-Steuerstäbe
1170	Bersten von Brennstäben, Be- ginn Spaltproduktfreisetzung
1100	Schmelzpunkt von Ag-In-Cd



**SWR**

# Problem Reaktorsicherheit

- Bei den derzeit existierenden Reaktortypen sind schwere Unfälle nicht auszuschließen
  - Sicherheitssysteme können nur deren Eintrittswahrscheinlichkeit verringern, sie aber nicht physikalisch ausschließen
  - Betriebserfahrung zeigt, dass sich Anzahl und Schwere von Störungsereignissen nicht wesentlich verringert
  - Das komplexe System wird nicht vollständig verstanden, viele Beispiele aus der Praxis für
    - übersehene Interaktionen zwischen Systemen
    - übersehene Störfallmöglichkeiten
- Risiko wird durch Reifung der Technik nicht eliminiert

# Folgen schwerer Unfälle



- Flächen von mehreren hundert Quadratkilometern müssten evakuiert werden und bleiben langfristig unbewohnbar
- Folgekosten werden für einen Unfall in Europa z. B. mit 100 bis 1000 Mrd. Euro abgeschätzt (Frankreich, IRSN)

## Naoto Kan (ehem. Japanischer Premierminister)

Foreign Affairs, 08.03.2012:

“I have thought very hard about the types of safety measures necessary to prevent any such disaster from happening again. However, when one weighs these measures against the tremendous risks, it is clear that no amount of precautions will make a country completely safe from nuclear energy. I have reached the conclusion, therefore, that the only option is to promote a society free of nuclear power.”

# 5.2

## Radioaktive Abfälle



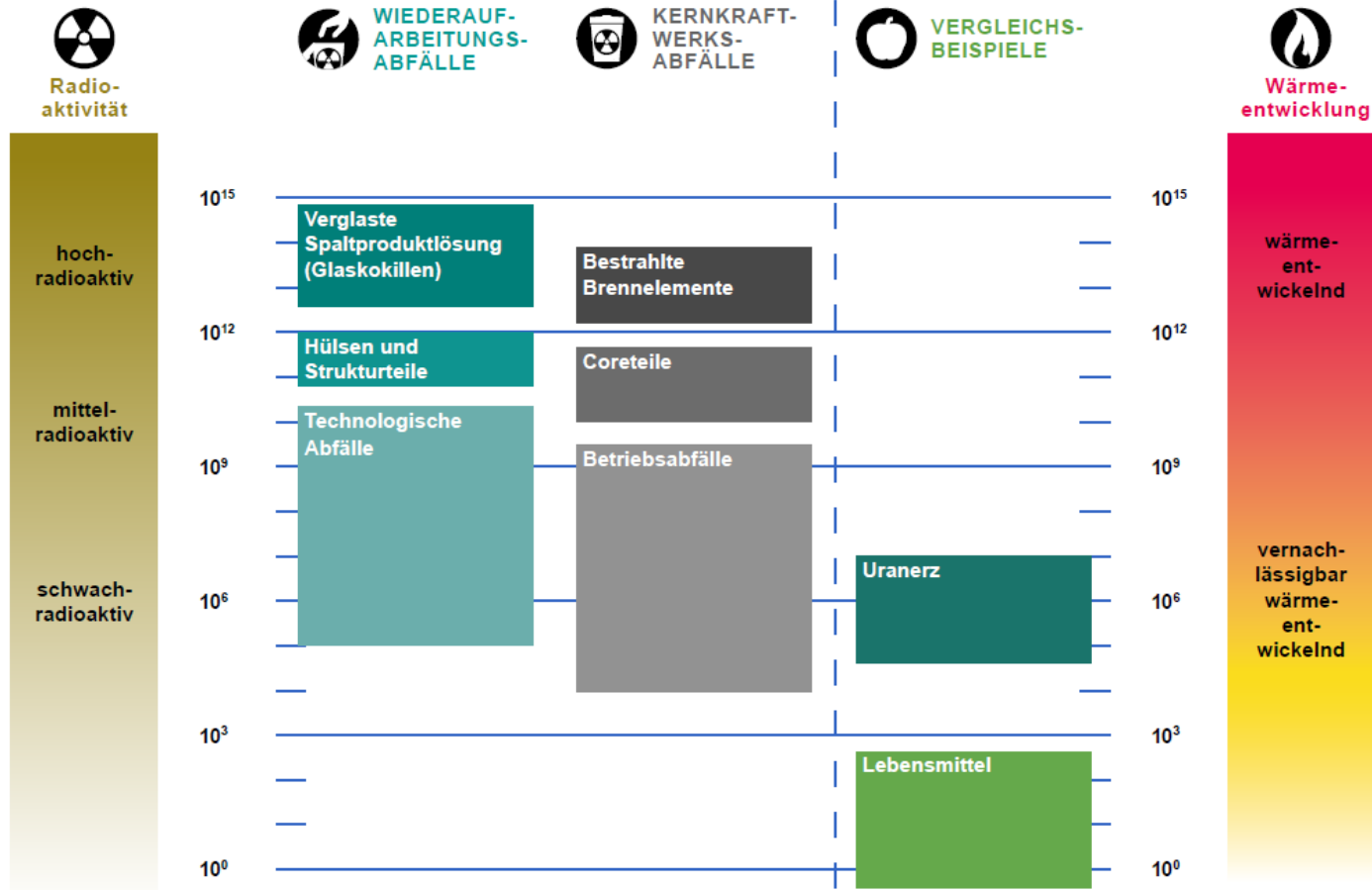
# Radioaktive Abfälle – Entstehung, Arten und Mengen

Radioaktive Abfälle entstehen überwiegend in und im Zusammenhang mit Kernkraftwerken:

- Bei der Urangewinnung und Brennelementherstellung: **Bergbauhalden**, "Tailings", **abgereichertes Uran (Uran-Tails)**...
- Bei der Kernspaltung entstehen hochradioaktive **Spaltprodukte** (z.B.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{129}\text{I}$ , ...) und **Aktiniden** (z.B.  $^{239}\text{Pu}$ ). Diese verbleiben im **Brennelement**, solange es nicht beschädigt wird.
- Neutronen aus der Kernspaltung aktivieren Atome der Umgebung. Es entstehen radioaktive Isotope (z.B.  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ). **Kühlwasser**, **Stahleinbauten**, **Reaktordruckbehälter**, **Betonoberflächen...** werden schwach radioaktiv und fallen spätestens beim Rückbau als Abfälle an.
- Sekundärabfälle, z. B. aus der Reinigung von Kühlwasser oder Bauteilen, bei Austausch und Reparatur (**Filter**, **defekte Teile**, **Werkzeug**, **Wischlappen ...**).

# Radioaktive Abfälle - Entstehung, Arten und Mengen

## Klassen und Eigenschaften radioaktiver Abfälle Aktivität und Wärmeentwicklung im Überblick



Radioaktivität in Becquerel pro Kilogramm oder Becquerel pro Liter (Bq/kg oder Bq/L)

# Radioaktive Abfälle – Entstehung, Arten und Mengen

Mengen Brennelemente bis 2022 (endgültige Stilllegung):

- rd. **17.200 Mg SM** (bedeutet: 17.200 t Uran und Plutonium) in abgebrannten BE
  - Davon 10.500 Mg als BE.
  - 6.700 Mg gingen (überwiegend) in die Wiederaufarbeitung.

Mengen Wiederaufarbeitung:

- Anfallende Menge **etwa 1.400 m<sup>3</sup>** wärmeentwickelnde Abfälle

Gesamtanfall wärmeentwickelnder Abfall:

- Aktuelle Schätzung bis zum Ende der Stromerzeugung aus Kernkraft (Stand 2014): ca. **28.100 m<sup>3</sup>**



# Aktuelle Situation in Deutschland



Nasslagerung in KKW-Pools

Seit 1992 .....

Trockene Behälterlagerung  
in zentralen Zwischenlagern

Transport-Verbot und Revision des Atomgesetzes

Seit 2002 .....

Trockene Behälterlagerung in  
Standortzwischenlagern an  
allen KKW-Standorten

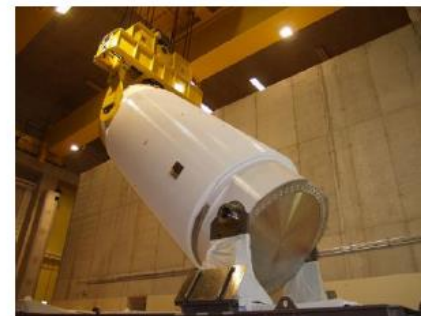
**Alle Aufbewahrungsgenehmigungen sind  
aus administrativen Gründen auf 40 Jahre  
beschränkt ! vgl. §6 (5) AtG**



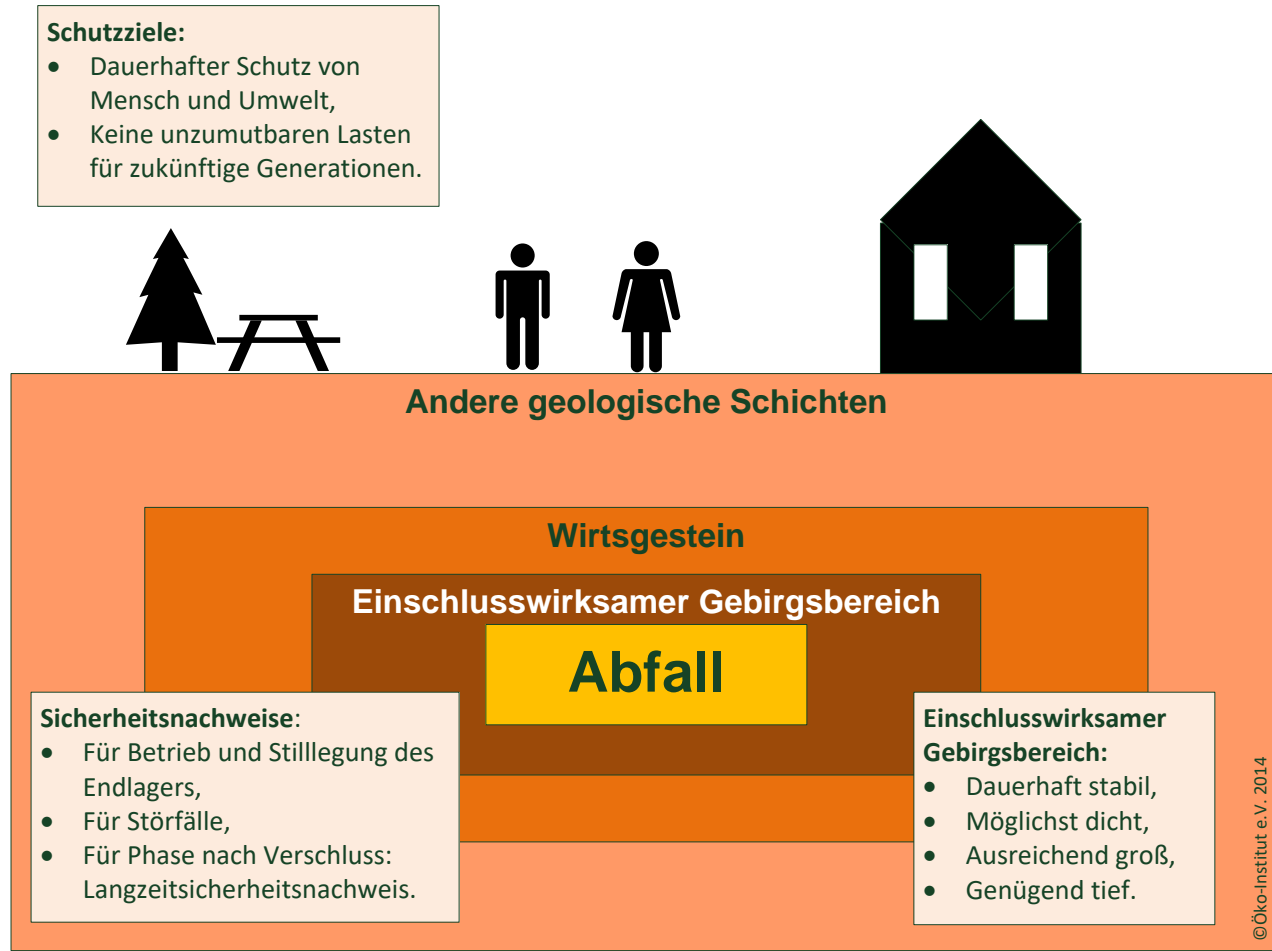
CASTOR® V Behälterdesign von  
GNS (Quelle: GNS)



Lagergebäude  
+  
Transport- und Lagerbehälter



# Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit



# Exkurs: Alternativen zur Endlagerung?

## Alternativen:

- Unbefristete Zwischenlagerung
- Tiefe Bohrlöcher
- Verbringung in den Weltraum
- Versenken in den Ozeanen
- Partitionierung und Transmutation
- ...

Keine „bessere“ Option als geologische Endlagerung identifiziert

(Die Wiederaufarbeitung von abgebrannten Brennelementen ist kein Entsorgungsweg!)

# Endlagerung – Konzept, Risiken und Langzeitsicherheit

Endlagerung ist **endgültig gemeint**, daher

- hoher Anspruch an Vorhersagbarkeit des Langzeitverhaltens,
- höchste Anforderungen an die wissenschaftliche Qualität,
- Kenntnis- und Argumentationslücken müssen durch Forschung und Untersuchungen geschlossen werden, bevor ein Projekt zugelassen werden kann,
- begründete Zweifel an der Langzeitsicherheit sind ein Ausschlussgrund wenn sie nicht widerlegt werden können!

# 5.3

## Nukleare Nichtverbreitung



# Die Spaltstoffe - Uran

## Uran

- kommt in der Natur vor
- besteht aber aus zwei Isotopen: U-235 und U-238
- nur U-235 in Kernwaffen spaltbar
- Abtrennung des „spaltbaren“ U-235 von U-238 notwendig
- Beide sind chemisch identisch
- Physikalische Trennung (Masseunterschied)

→ Anreicherung (technisch schwierig)

# Die Spaltstoffe - Plutonium

## Plutonium

- kommt in der Natur (praktisch) nicht vor
- Entsteht bei Neutroneneinfang in U-238 durch radioaktiven Zerfall
- Wird in Kernreaktoren in großen Mengen gebildet
- Chemische Abtrennung des Plutoniums aus dem Brennstoff möglich

→ Reaktoren, Wiederaufarbeitung

# Nukleare Nichtverbreitung

- Zugriff auf kernwaffenrelevante Materialien Schlüssel zum Kernwaffenbesitz
- Wesentliche Materialien/Technologien:
  - Plutonium / Wiederaufarbeitung
  - Hoch angereichertes Uran (HEU) / Anreicherung
  - Ggf. weitere (Tritium, U-233, Np-237 ...) / ...
- Wesentliche Möglichkeiten/Notwendigkeiten der Kontrolle bei:
  - Beständen existierender Materialien
  - Technologien zur Herstellung neuer Materialien

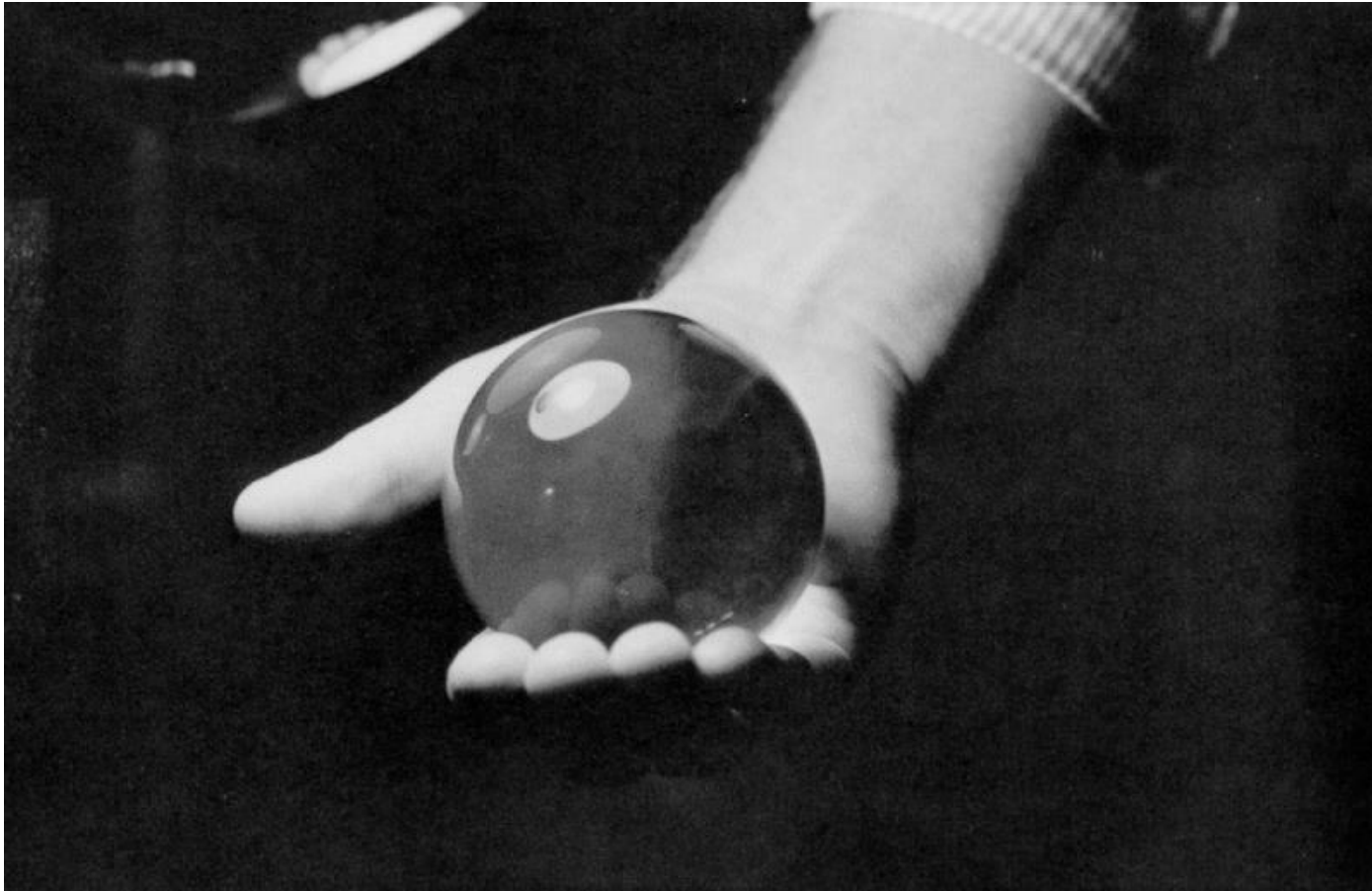
# Kernwaffenfähige Materialien

	(Reflektierte) Kritische Masse	Neutronenrate [n/ms]	Wärmerate [W]
Uran (HEU) 95% U-235	19,2 kg	< 0,04	-
Uran (LEU) 20% U-235	360 kg	7,2	-
Plutonium (WPu) 94% Pu-239	4,6 kg	246	11,6
Plutonium (RPu) 60% Pu-239	5,8 kg	1882	77,3

# Der nukleare Teil des Trinity-Versuchs



# Größe des Plutonium-Kerns der Nagasaki-Bombe

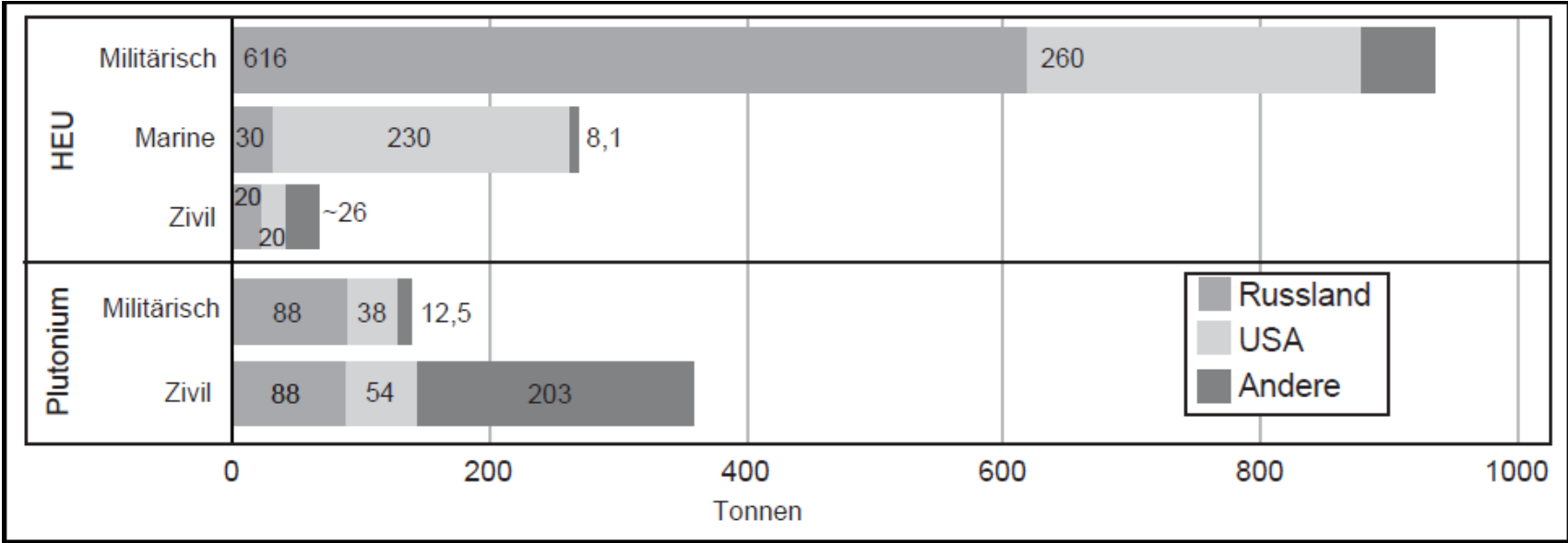


# Kleinste „taktische“ Kernwaffe (Davy Crockett, W54)



Durchmesser: 28 cm, Gewicht: 23 kg, Yield: bis 1 kt(TNT)

# Bestände spaltbarer Materialien Stand 2011





## Kontrolle der Kernenergienutzung

„[...] Personally I am haunted by the feeling that by 1970, unless we are successful, there may be 10 nuclear powers instead of four, and by 1975, 15 or 20.”

J.F. Kennedy, 52. Pressekonferenz, 21. März 1963

## Mohamed ElBaradei (ehem. IAEA-General director)

„Some estimates indicate that *40 countries or more now have the know how to produce nuclear weapons.* (...) We are relying primarily on the continued good intentions of these countries, which ... could ... be subject to rapid change.“

„Information and expertise on how to produce nuclear weapons has become more accessible. This places extra emphasis on the importance of controlling access to weapon-usable nuclear material.“

„And under the current regime, there is nothing illicit for a non-nuclear state to conduct uranium-enrichment activities ... or even to possess military-grade nuclear material.“

IAEO-Konferenz 20.9.2004, Speech UN-GA 3.11.2003, Interview in Le Monde 31.10.2003

# 6

## Die Diskussion um die Kernenergie in Deutschland

# Kernenergie debate in Deutschland

- 1950-1960 Jahre starke Euphorie in Deutschland
  - Parteiübergreifender Konsens pro Kernenergie
  - Praktisch keine Opposition
  - Verpflichtung zu „friedlichen Nutzung der Kernenergie“
- 1957 erster westdeutscher Forschungsreaktor FRM in München
- 1960 erstes westdeutsches Kernkraftwerk in Kahl (Main)
- Kommerzielle Verfügbarkeit des Leichtwasserreaktors und Ölkrise der 70er Jahre steigert Interesse der Wirtschaft
- 1970-1980 Hochzeit des Kraftwerksbaus in Deutschland, aber auch Verstärkung der sicherheitstechnischen Debatte in Deutschland
- 1979 TMI Unfall in USA

# Anfänge der Anti-Atombewegung

- 1950er-Jahre: Protestbewegungen gegen Atomwaffen
- 1958: Widerstand gegen Bodega Bay bei San Francisco
  - Zunächst Motive des Natur- und Landschaftsschutzes
  - Im weiteren auch Sicherheitsfragen, insbesondere Erdbebengefahr
  - Projekt wird nicht realisiert
- 1970er Jahre: Große Widerstandsbewegungen in Frankreich (Fessenheim, Bugey)
- Deutschland: zunächst (vorwiegend) juristischer Streit um Würgassen
  - 1972 Würgassen-Urteil: Schutzgedanke des Atomgesetzes hat Vorrang vor dem Förderungsgedanken

## Weiterer Verlauf der Anti-Atombewegung

- 1970er-Jahre: Widerstand am Standort Wyhl (bei Freiburg)
  - Winzer und Bauern befürchteten Qualitäts- oder Imageeinbußen
  - Studierende bringen Sicherheitsfragen verstärkt in die Diskussion
  - Besetzter Bauplatz wird von Polizeihundertschaften mit Wasserwerfern geräumt: Bevölkerung sympathisiert mit den gewaltfrei agierenden Demonstranten
  - Erneute Besetzung durch 28.000 Demonstranten dauert über ein Jahr an
  - Schließlich Aufgabe des Projekts
- Ab 1976 auch massive Proteste am Standort Brokdorf
  - Hier auch gewaltsame Auseinandersetzungen und bürgerkriegsähnliche Schlachten am Bauzaun mit hunderten Verletzten

## Weiterer Verlauf der Anti-Atombewegung

- 1977: niedersächsischer Ministerpräsident Ernst Albrecht benennt Standort Gorleben für ein „Nukleares Entsorgungszentrum“
  - ein Endlager
  - eine Wiederaufarbeitungsanlage und
  - Brennelementfabriken für Uran- und Plutoniumbrennelemente
- 31. März 1979: Gorleben-Treck nach Hannover
  - TMI: 100.000 Menschen demonstrierten gegen die Kernenergie
- Ende März / Anfang April 1979: Gorleben-Hearing
- 16. Mai 1979: Bau der Wiederaufarbeitungsanlage „politisch nicht durchsetzbar“
- 1980: Besetzung des Standorts als „Republik Freies Wendland“

# Kernenergie debate in Deutschland

- 1983 Einzug der Grünen Partei in den Bundestag
- 1986 Tschernobyl in der Ukraine
- 1988 letzte Inbetriebnahme eines westdeutschen Kernkraftwerks
- 1990er Jahre: SPD und Grüne verfolgen Atomausstieg, drei zentrale Argumente
  - Reaktorsicherheit
  - Entsorgungsfragen
  - Nukleare Nichtverbreitung
- 1998: Koalition aus SPD und Grünen gewinnt Bundestagswahl
- 14.06.2000: Konsens-Vereinbarung SPD/Grüne mit Elektrizitätsunternehmen zum Atomausstieg



# Kernenergie-debatte in Deutschland

- Christdemokraten und Liberale erklären ihren Widerstand

Zitate zum Atomausstieg vom 14. Juni 2000:

Bundesumweltminister Jürgen Trittin (Die Grünen):

*„Die **Regellaufzeit wird auf 32 Jahre begrenzt**. Im Jahre 2020 wird aller Voraussicht nach das letzte AKW hier vom Netz gehen.“*

Klaus Lippold (CDU), Energiepolitischer Sprecher der Opposition:

*„Herr Trittin, Sie freuen sich zu früh, **wir werden das**, was Sie als Kernenergieausstieg bezeichnen, wieder rückgängig machen.“*

# Kernenergie debate in Deutschland - AtG 2002

22.04.2002: Änderung §1 Atomgesetz (AtG)

- Bislang: Förderung der kommerziellen Nutzung der Kernenergie
- **Ab nun: geordneter Ausstieg aus der kommerziellen Nutzung**
- Verbot des Neubaus von Kernkraftwerken
- Ausstieg der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen
- Laufzeiten von rund 32 Jahre, ausgedrückt in zu produzierenden Strommengen

# Kernenergie debate in Deutschland – AtG 2010

2009 neue Koalition aus CDU/FDP: erneute Änderung des Atomgesetzes Ende 2010:

- Laufzeiten werden um durchschnittlich 12 Jahre verlängert, ausgedrückt in zu produzierenden Strommengen

Aber:

- §1 verlangt unverändert geordneten Ausstieg aus der Kernenergie
- Verbot des Neubaus von Kernkraftwerken bleibt erhalten
- Ausstieg der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen bleibt erhalten

# Kernenergie debate in Deutschland – AtG 2011

- 11.03.2011: Unfall in Fukushima
- 15.03.2011: 3 monatiges Moratorium für die ältesten sieben Kernkraftwerke
- erneute Änderung des Atomgesetzes im Konsens praktisch aller Parteien:
  - Laufzeiten werden wieder begrenzt
  - **Abschalttermine für alle Anlagen werden festgelegt, letzter Termin 2022**
  - 8 älteste Anlagen werden sofort stillgelegt

## Exkurs: Ökonomie

Peter Terium, Vorstandsvorsitzender RWE, zur Entscheidung des Konzerns, weltweit keine Kernkraftwerke mehr zu bauen (in: Die Zeit, 2012):

*„Ich habe es getan, **weil der Neubau eines Kernkraftwerkes sich nirgendwo mehr lohnt.** Als Unternehmen können wir uns neue Kernkraftwerke nicht mehr leisten.“*

# Kernkraftwerke in Deutschland

Anlagen in Betrieb, nach Fukushima abgeschaltet und in Stilllegung



Bruttoleistung in Megawatt elektrischer Leistung, MWe

Darstellung ohne Forschungsreaktoren



# 7

## Ausblick

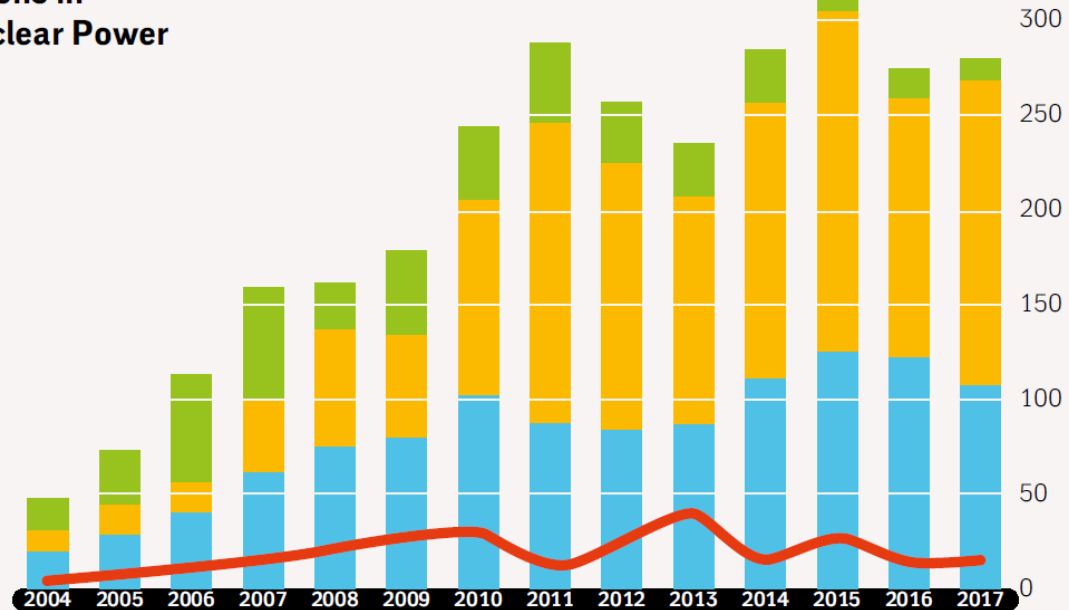
# Weltweite Investitionen – Nuklear vs. Erneuerbare

## Global Investment Decisions in New Renewables and Nuclear Power

in US\$ billion, 2004-2017

© WNISR - MYCLE SCHNEIDER CONSULTING

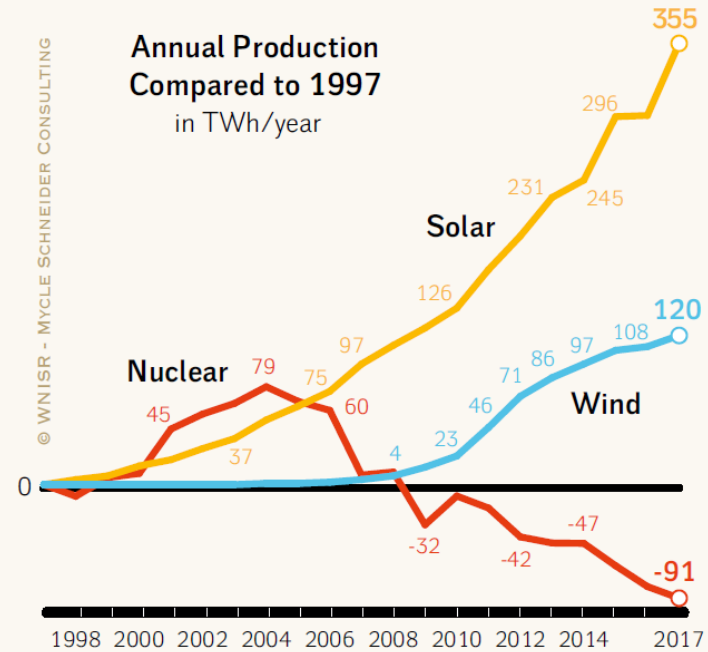
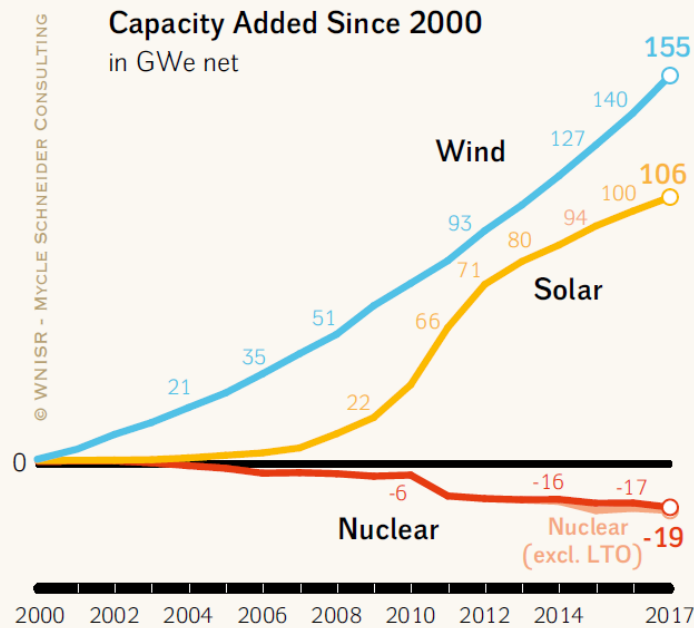
- Other Renewables
- Solar
- Wind
- Nuclear



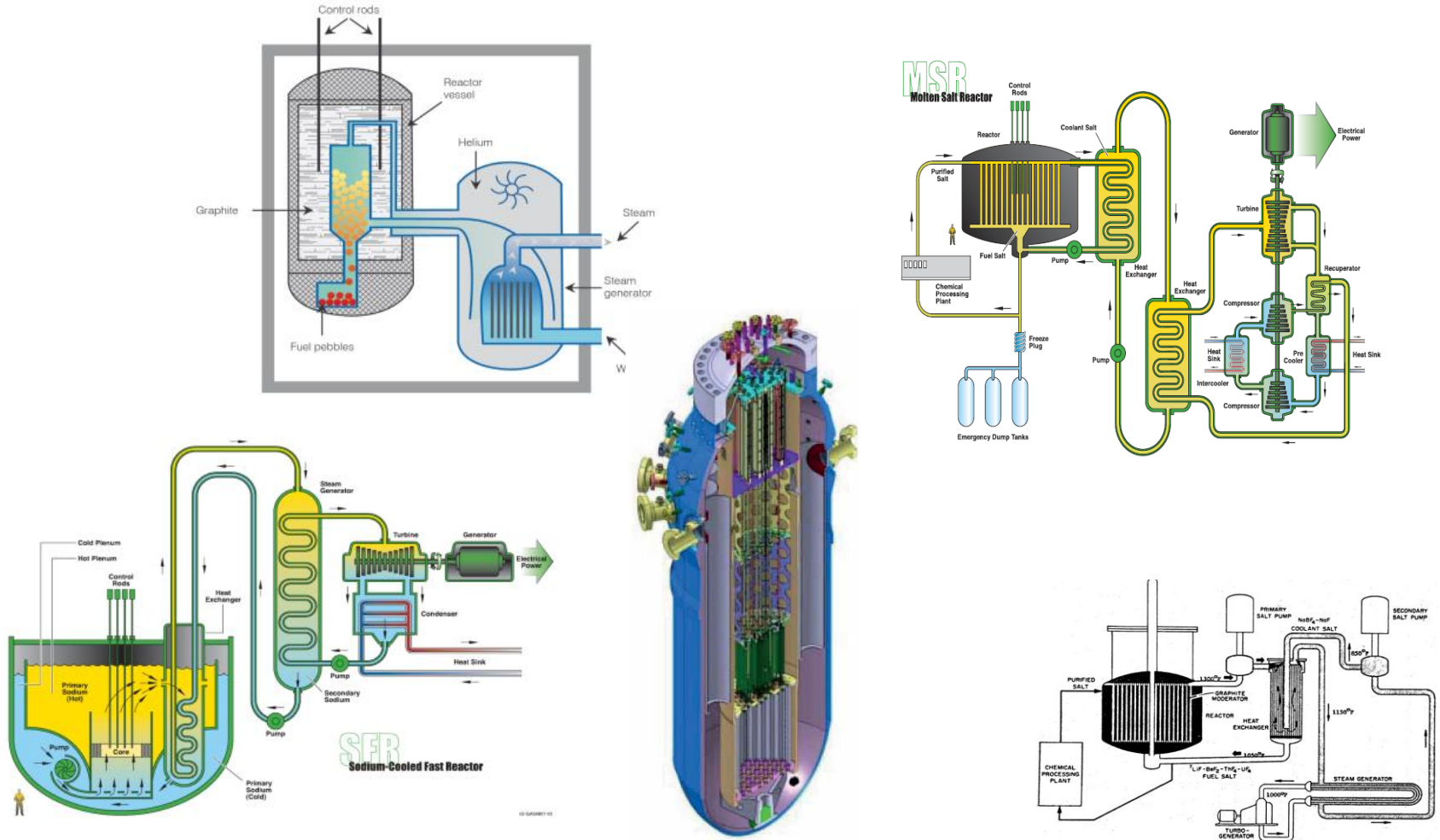


# Leistung und Stromproduktion in der EU

## Wind, Solar and Nuclear Developments: Installed Capacity and Electricity Production in the EU



# Zukunft der Atomkraft – Neue Reaktoren der GEN IV?



# Hindernisse

An academic reactor or reactor plant almost always has the following basic characteristics:

1. It is simple.
2. It is small.
3. It is cheap.
4. It is light.
5. It can be built very quickly.
6. It is very flexible in purpose ("omnibus reactor").
7. Very little development is required. It will use mostly "off-the-shelf" components.
8. The reactor is in the study phase. It is not being built now.

On the other hand, a practical reactor plant can be distinguished by the following characteristics:

1. It is being built now.
2. It is behind schedule.
3. It is requiring an immense amount of development on apparently trivial items. Corrosion, in particular, is a problem.
4. It is very expensive.
5. It takes a long time to build because of the engineering-development problems.
6. It is large.
7. It is heavy.
8. It is complicated.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!  
Thank you for your attention!

Haben Sie noch Fragen?  
Do you have any questions?

