

# RWE

**Hallo und  
Herzlich Willkommen**  
im Informationszentrum der RWE Power AG  
Kraftwerkstandort Lingen



# Agenda

**Kraftwerksstandort Lingen**

**Die Neue RWE –Wasserstoff@RWE**

**Technik und Funktionsweise KKE**

**Sicherheit im Kernkraftwerk**

**Radiologie und Strahlung**

**Rückbau eines Kernkraftwerks**

# Kraftwerksstandort Lingen



**KKE** Nuclear GmbH  
P<sub>el brutto</sub> : 1406 MW  
IBN : 1988  
ABN : 15.04.23  
Mitarbeiter : 350

**KEM** Generation SE  
P<sub>el brutto</sub> : 1885 MW  
IBN Kombi B/C : 1974/1975  
IBN GuD : 2010  
Mitarbeiter : ca. 100  
KWK<sub>Prozessdampf</sub> : ca. 60 t/h

**KWL**  
P<sub>el brutto</sub> : 250 MW  
Betrieb : 1968 - 1977  
Erste Rückbauteilgenehmigung  
erteilt Ende 2015

# Das Gaskraftwerk Emsland der RWE in Lingen



## GuD-Anlage Block D

IBN: 2010  
Modernisierung: 2020  
el. Wirkungsgrad: 60%  
Elektrische Leistung: ca. 895MW

## Kombi-Blöcke B/C

IBN: 1974/75  
Modernisierung: 2011  
el. Wirkungsgrad: 43%  
Elektrische Leistung: ca. 2 x 475MW

## Umspannanlagen Hanekenfähr

Amprion: 220kV / 380kV  
WestNetz: 110kV

## Zentrale Kühlwasserentnahme

über Dortmund-Ems-Kanal  
aus der Ems bis zu 5.250m<sup>3</sup>/h

## Zentrale Gasverteilung

bis zu 350.000 Nm<sup>3</sup>/h

# Gaskraftwerk Emsland

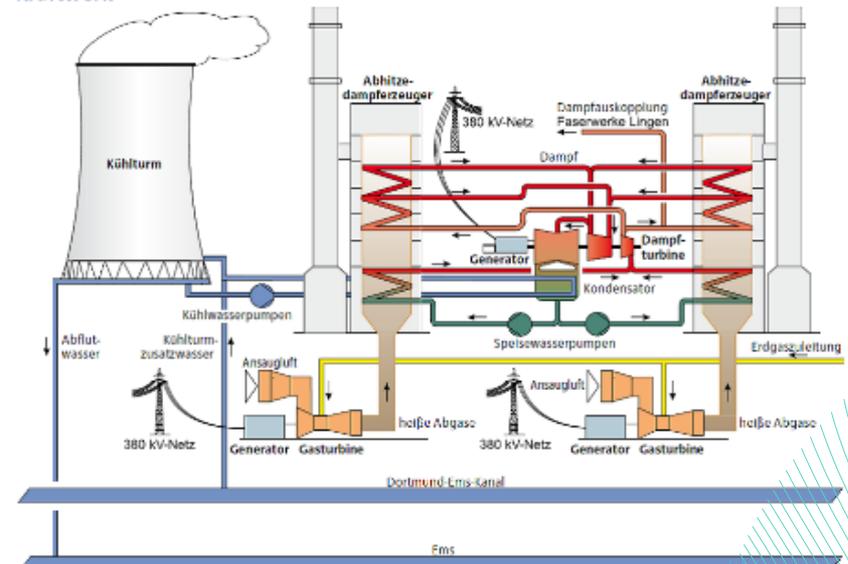
## GuD-Anlage (Block D)



- 2 x GT26 von Alstom
- 1 x DT von Alstom
- 3 Druck-Abhitzedampferzeuger
- AHDE: ND/MD Trommeln und FD Benson

- Nettoleistung: 895MW
- Kommerzieller Betrieb seit: 27.09.2010
- Modernisierung: 2020
- Wirkungsgrad: > 60%

Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerk



# Gaskraftwerk Emsland

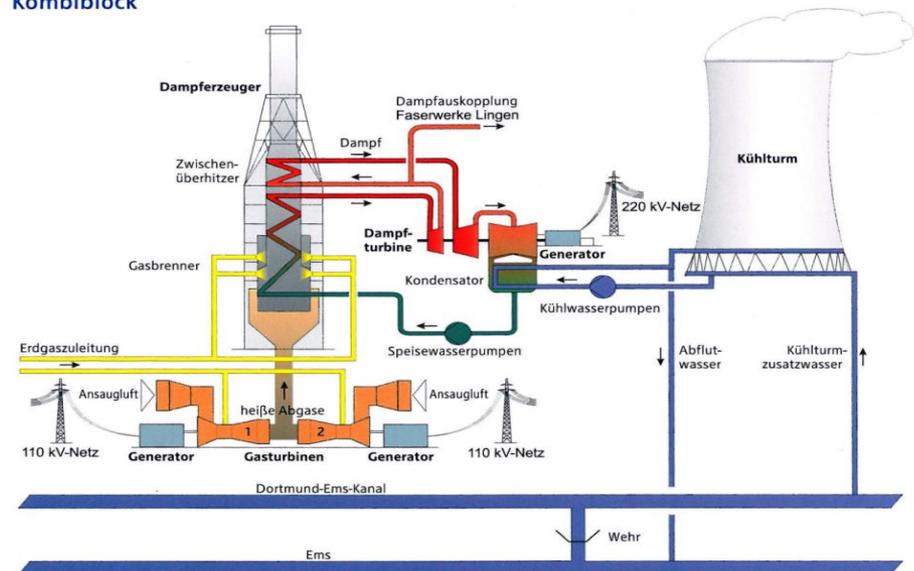
## Nachrüstung der Kombiblocke B&C



- Nettoleistung: 2x475 MW
- Wirkungsgrad: 43- 48 %
- Kommerzieller Betrieb: seit August 2012

- Zwei Gasturbinen vom Typ Rolls Royce Trent 60
- Steigerung der Nettoleistung der Blöcke um insgesamt 130 MWel
- Blockwirkungsgraderhöhung um ca. 5%-Punkte
- Retrofit der Blockleittechnik

Kombiblock



# Gaskraftwerk Emsland

## Optimierungsleitung Lingen



- Länge: 28,4 km
- Leitungsdurchmesser: 1,40 m
- Arbeitsgasvolumen: 2.250.000 m<sup>3</sup>N
- Max. Ausspeiseleistung: 380.000 m<sup>3</sup>N /h
- Betrieb erste Ausbaustufe seit: 10.12.2008
- Betrieb zweite Ausbaustufe seit: 12.12.2011

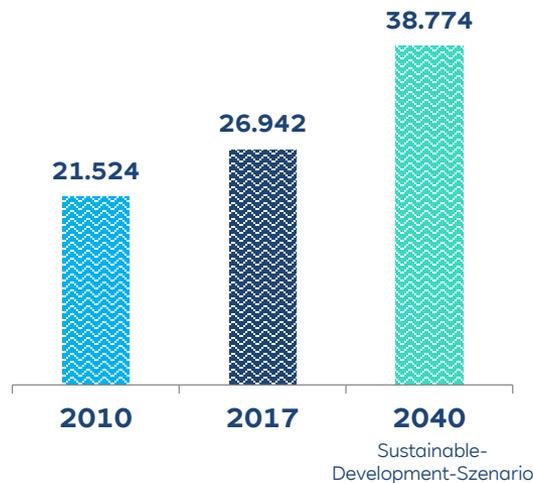
- Hochflexible Gasbeschaffung für den Standort Lingen
- Der Ausbau erfolgte in zwei Ausbaustufen
- Die Errichtung der jeweiligen Ausbaustufe dauerte ca. 9 Monate
- Mit dem Leitungsvolumen kann die GuD-Anlage 16h ohne Gasbezug von „Außen“ betrieben werden

# Die Neue RWE Wasserstoff@RWE

# Die globale Herausforderung unserer Zeit: Den steigenden Strombedarf decken und das Klima schützen

## Weltweiter Strombedarf steigt

Stromerzeugung in TWh<sup>1</sup>



## Wesentliche Branchentrends



Elektrifizierung der **Mobilität**



Elektrifizierung der **Industrie**



Elektrifizierung der **Wärmeversorgung**

## Wichtige Klimaschutzziele



### Abkommen von Paris<sup>2</sup>

Beschränkung der globalen Erwärmung auf deutlich **unter 2 °C**



EU-27:  
**55%ige** Minderung der Treibhausgas-Emissionen von 1990 bis 2030<sup>3</sup>

<sup>1</sup> International Energy Agency, World Energy Outlook 2020. | <sup>2</sup> Pariser Abkommen der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen (UNFCCC).

<sup>3</sup> Nationally Determined Contribution by EU 2020

# ...aber drei grundlegende Entwicklungen verstärken sich derzeit gegenseitig.

1



Stark gestiegene **Verfügbarkeit** wettbewerbsfähiger **erneuerbarer Energien**



**Ausgereifte Elektrolysetechnologien** stehen kurz vor dem Einsatz in großem Maßstab



**Wasserstoff ist unausweichlich, um die „hard-to-abate“ Sektoren zu dekarbonisieren.** Die leicht zugänglichen Möglichkeiten zur CO<sub>2</sub>-Vermeidung in der Industrie werden bald ausgeschöpft sein

**Veränderung der Stromkosten (2010 - 2021)<sup>1</sup>**

**-88%**

Photo-voltaic (PV)

**-68%**

Onshore Wind

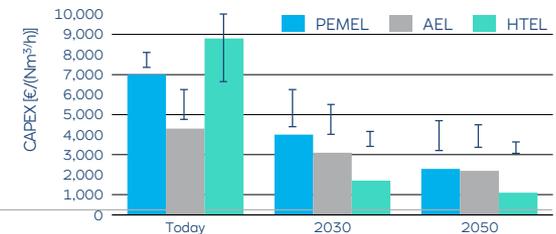
**-60%**

Offshore Wind

## Wachsender globaler Electrolyser-Markt<sup>2</sup>



## Rohmaterial



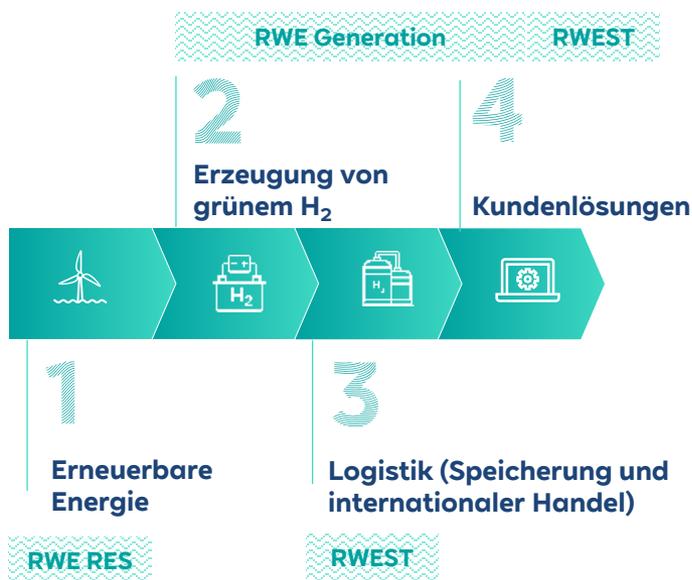
## Synthetische Kraftstoffe



<sup>1</sup> Source: Irena | <sup>2</sup> Source: Fraunhofer, NOW H2 in a nutshell

# RWE: Ideale Positionierung für die Wasserstoffwirtschaft

Starke Expertise entlang der gesamten Wertschöpfungskette



## Wachstum des H<sub>2</sub> Marktes

- Stärkste globale Wachstumsdynamik in Europa
- **Industrielle Nachfragezentren** in RWE-Kernmärkten in Europa

Europäische Elektrolysekapazität

**40 GW**

EU Wasserstoff-Strategie 2030

“REPowerEU” sieht zusätzlich 5 Mio. t erneuerbarer H<sub>2</sub> Produktion in Europa und 10 Mio. t an Importen vor

Seite 15

# RWE Wasserstoff-Entwicklungspipeline

## Marktführendes Wachstumsziel bei der Elektrolysekapazität

### Investitionsanforderungen in Elektrolyseure

- Regulatorische und politische Rahmenbedingungen
- Adäquate Förderprogramme
- Zuverlässige Abnehmerverträge

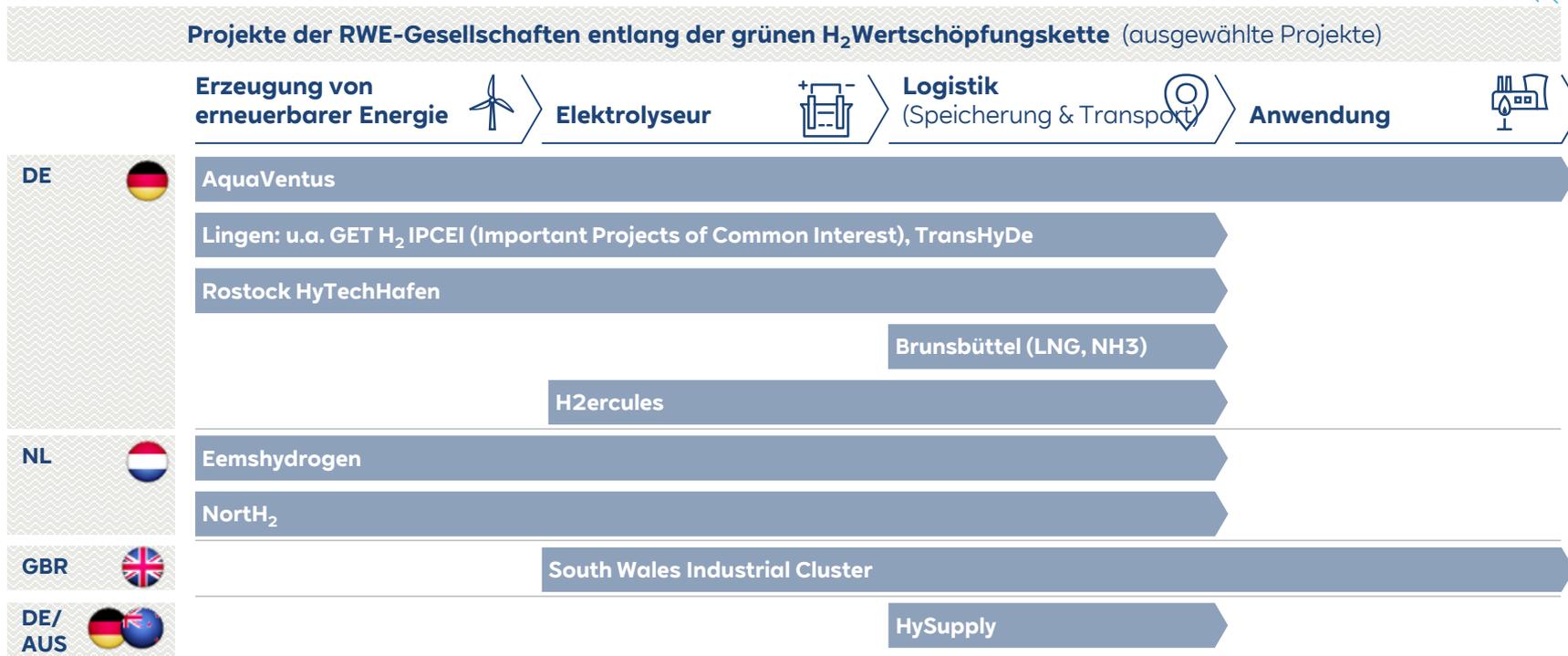


12.04.2022

RWE – Treiber der Energiewende

Seite 16

# RWE ist bereits in Projekten entlang der gesamten Wertschöpfungskette aktiv



# Wasserstoff-Farbpalette gibt Auskunft über Art der Herstellung und Verarbeitung der CO<sub>2</sub> Emissionen

1

Wasserstoff Farbe	 Grauer Wasserstoff	 Blauer Wasserstoff	 Türkiser Wasserstoff	 Grüner Wasserstoff
Schlüsselressource		 Fossile Brennstoffe		 Erneuerbare Energie
Verfahren	 Dampfreformierung	 Dampfreformierung + CCS/CCU	 Methanpyrolyse	 Elektrolyse
CO <sub>2</sub>	 Gasförmig – frei	 Gasförmig – gespeichert	 Fest	

# RWE Fokus auf alkalische und PEM-Elektrolyse, führt jedoch auch eine Testphase für die Solid Oxide Elektrolyse durch, wegen ihrer hohen Effizienz.

3

## Übersicht über die drei Haupttechnologien der Elektrolyse

Technologie Beispiele

### Alkaline Electrolysis (AWE)



Ausgereifteste Technologie, die eine flüssige alkalische Elektrolytlösung und eine einfache Membrane verwendet.

### PEM Electrolysis (PEM)



Verwendet Edelmetalle in der Membran, ist effizienter, aber auch teurer als AWE

### Solid Oxide Electrolysis (SOEC)



Festkeramik-Elektrolyt, arbeitet bei hohen Temperaturen. Am effizientesten und teuersten.

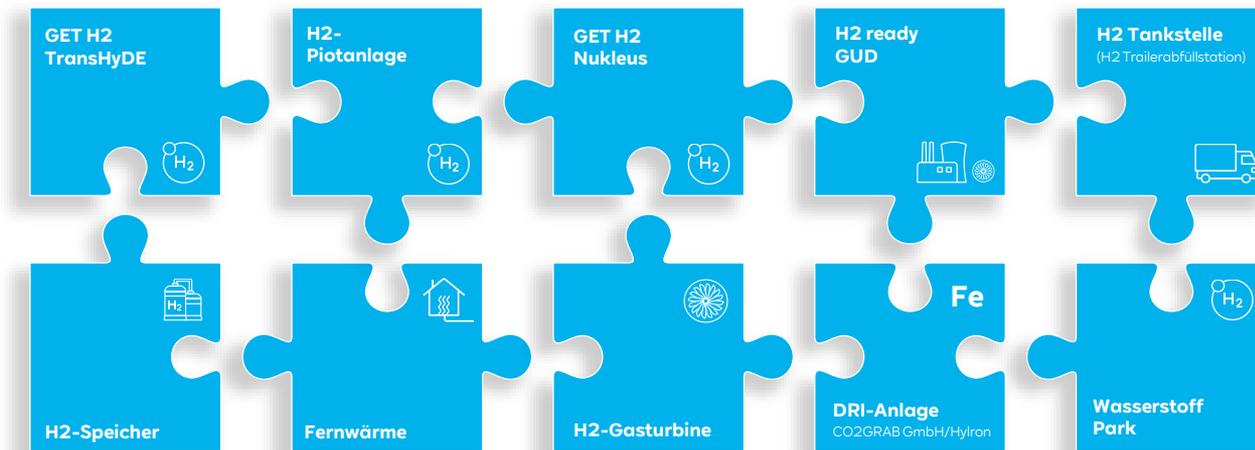
Eigenschaften

- ✓ Etablierte Technologie (Nutzung seit 1940)
- ✓ Stack Wirkungsgrad über 70%
- ✓ Hohe Stack Lebensdauer
- ✓ Vergleichsweise kostengünstige Technik
- ✗ Große Anlage

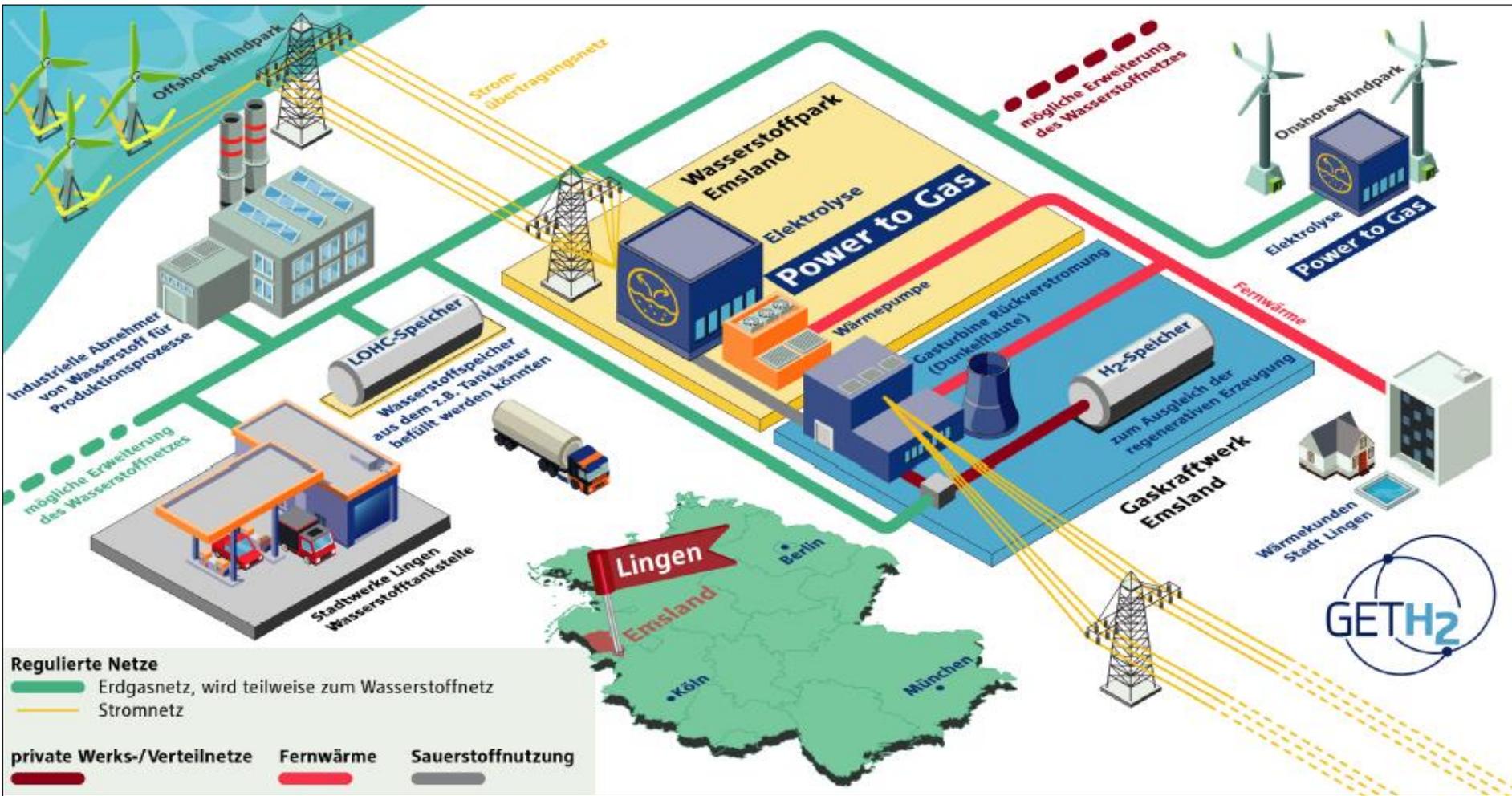
- ✓ Jüngere Technologie (Entw. seit 1980)
- ✓ Stack Wirkungsgrad ca. 80%
- ⌘ Mittlere Stack Lebensdauer
- ⌘ Mittlere Kosten (höher als AWE)
- ✓ Kompakte Anlage

- ✗ Noch in Entwicklung (erste kommerzielle Anwendungen)
- ✓ Stack Wirkungsgrad ca. 97%
- ✗ Niedrige Stack Lebensdauer
- ✗ Vergleichsweise teure Technik
- n/a Noch nicht im großen Maßstab vorhanden

# Wasserstoffinfrastruktur. Zukunftsprojekte für die Energiewelt von morgen.



# Energieversorgungskonzepte der Zukunft am Energiestandort Lingen



# GET H2 Nukleus

## Der Startschuss für die Infrastruktur



Wir transportieren Gas.



12.04.2022

# GET H2 IPCEI

## Der Ausbau der Infrastruktur



bp



Wir transportieren Gas.



12.04.2022

# Standortübersicht Projekte am Gaskraftwerk Emsland

**„Wasserstoffkraftwerk“**  
34MW Kawasaki H2-Gasturbine  
geplante Errichtung 2023/24

**„H2-Pilotanlagen“**  
Versuchselektrolyseanlagen  
geplante Errichtung 2022/23

**Fernwärme Stadtkern Lingen 10 MW**  
Ausbaupotential langfristig bis 40 MW  
geplante Errichtung 2024

**Fernwärme IndustriePark 10 MW**  
Wärmezentrale Umbau im Block A  
geplante Errichtung 2022

**GET H2 TransHyDE**  
Forschungsvorhaben  
Errichtung 2022

**„Wasserstoff-Campus-Lingen“**  
Bürogebäude mit H2-Infozentrum,  
H2 Forschungs- und Testanlagen  
(noch in der Projektentwicklung)

**Batteriespeicher**  
Triton+ ca. 45MW  
Errichtung 2021/22

**DRI-Anlage** Testanlage  
grüner Stahl aus Lingen  
Errichtung 2022, Testbetrieb bis 2025

**Schwarzstart Block D**  
Eigenbedarfsoptimierung KEM  
Errichtung 2022

3. Bauabschnitt (Erweiterung)  
**„Wasserstoffwerk“**  
(GET H2 Nukleus)  
1x 100MW-Anlage  
Errichtung 2025/26

1. und 2. Bauabschnitt  
**„Wasserstoffwerk“**  
(GET H2 Nukleus)  
2x 100MW-Anlagen  
Errichtung 2023/24/25

**Amprion Konverter** (2x 900MW)  
Errichtung 2024-29  
Netzanschluss für WasserstoffPark

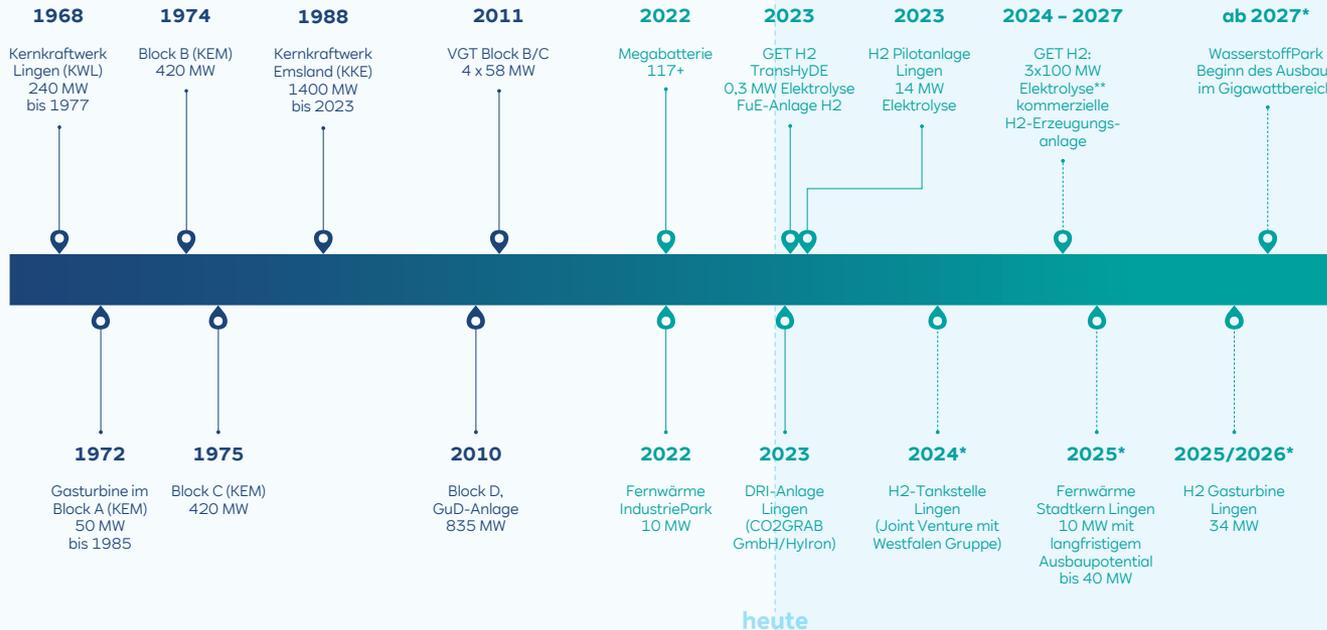
**„WasserstoffPark“**  
Giga-Anlage in Vorbereitung  
Errichtung ab 2027 möglich



# Der Energiestandort Lingen

## Innovation mit langer Tradition

Der Weg zur verlässlichen Erzeugung und zur sicheren Versorgung mit Wasserstoff führt über Forschung und Entwicklung. **Für die Zukunft kann so eine stabile und sichere Wasserstoffversorgung gewährleistet werden.**



\* Projekte in der Entwicklungsphase  
 \*\* Förderzusage ausstehend

# Modularer Batteriespeicher am Gaskraftwerk 45 MW



# Anlieferung der ersten Elektrolyseureinheit



# Muster 3D-Grafik der Kawasaki Gasturbine 34MWel / 80MWth



08.07.2024

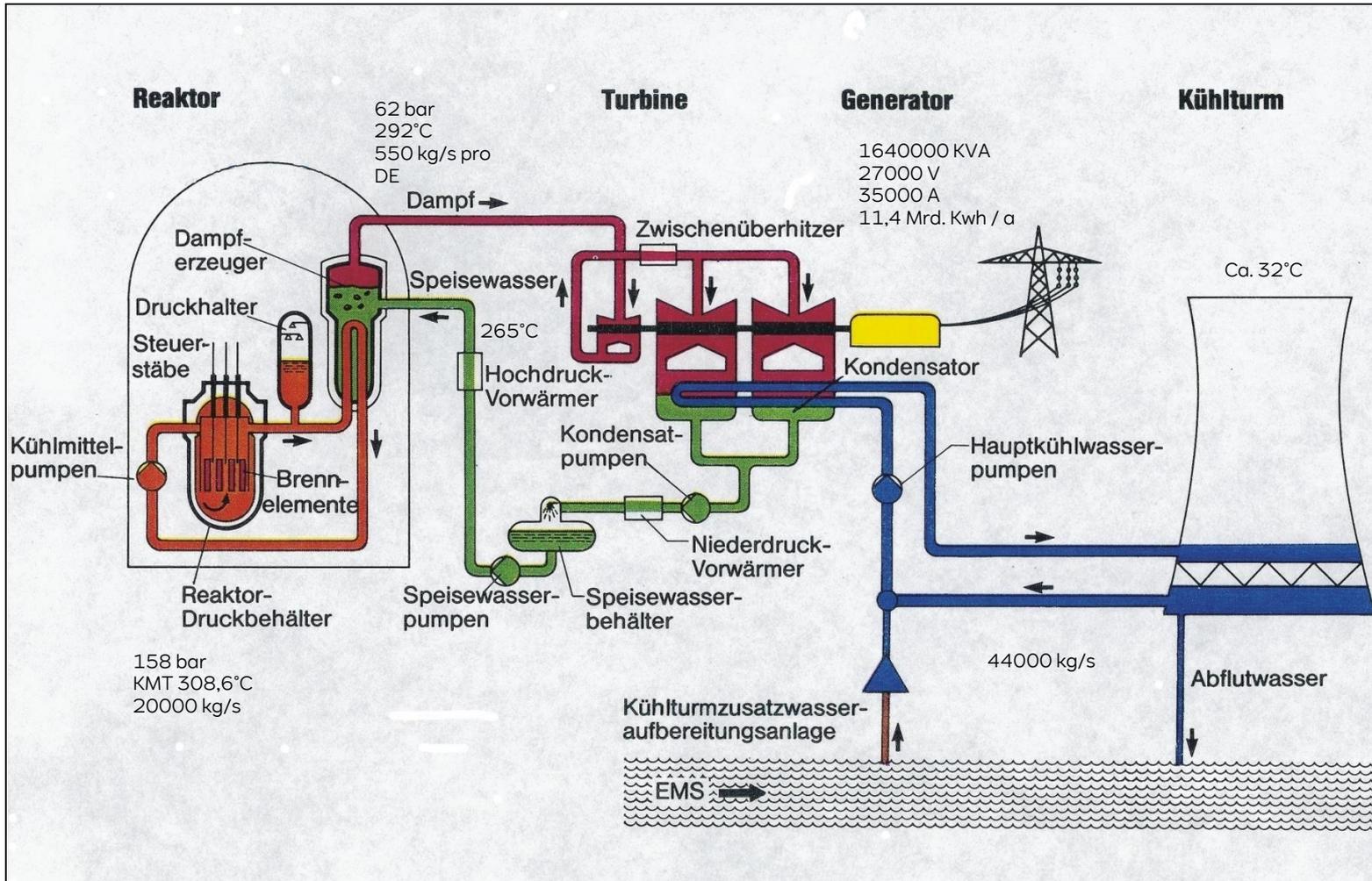
# Zukünftiges Wasserstoffwerk am Gaskraftwerk Emsland 300MW

Konzeptstudie



# Technik und Funktionsweise KKE

# Funktionsweise eines Druckwasserreaktors (DWR)



KKE 1986 / 1987

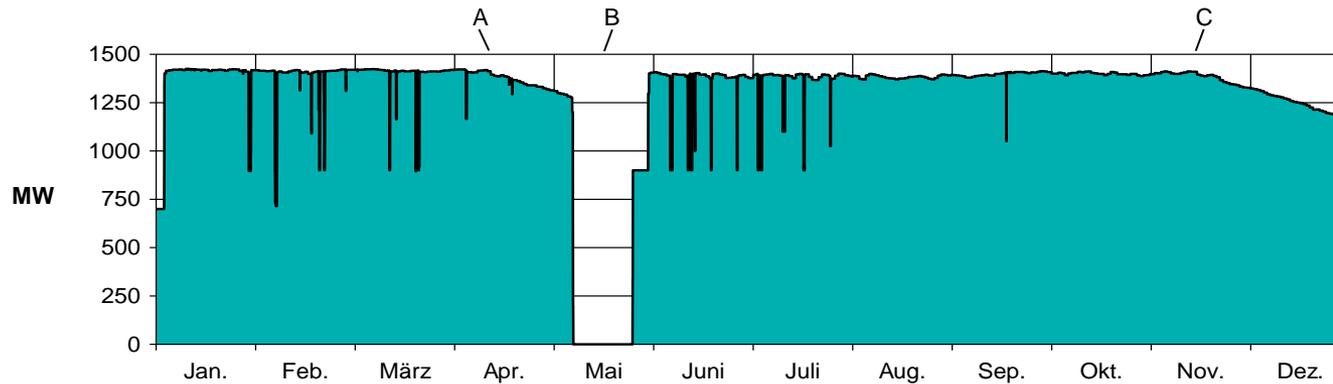


# Kernkraftwerk Emsland

## Betriebsdiagramm 2022

Stand:  
31.12.2022

### Elektrische Bruttoerzeugung



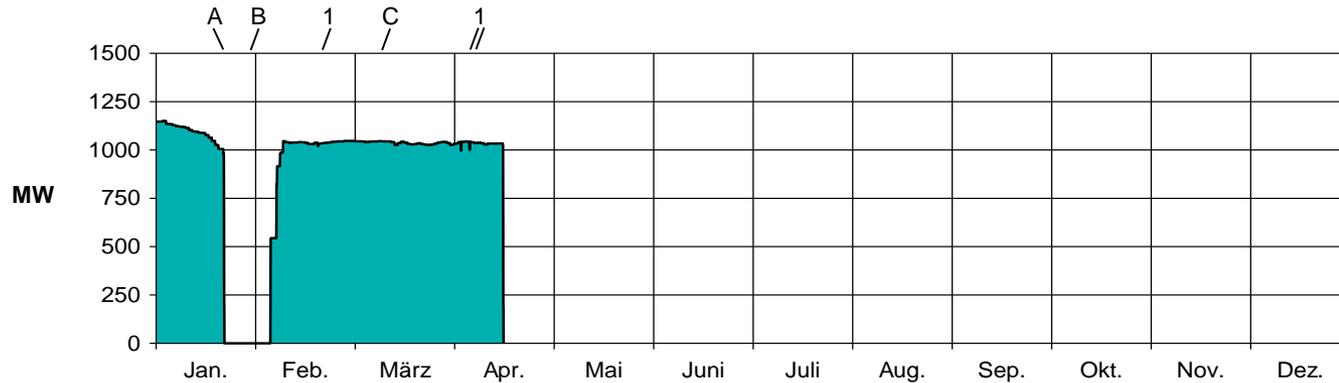
geplante Laständerungen	ungeplante Laständerungen	2022	ab Übernahme
<p>A= Beginn Streckbetrieb (11.04.2022, 08:00 Uhr)</p> <p>B= Jahresrevision mit BE-Wechsel (06.05.2022, 20:01 Uhr bis 25.05.2022, 12:47 Uhr)</p> <p>C= Beginn Streckbetrieb (13.11.2022, 16:00 Uhr)</p> <p>Alle nicht gekennzeichneten Laständerungen einschließlich Primärregelreserve erfolgten auf Anforderung des Lastverteilers</p>		<p>Bruttoarbeit <b>11.293.993 MWh</b></p> <p>Zeitverfügbarkeit <input type="text" value="94,88%"/></p> <p>Arbeitsverfügbarkeit <input type="text" value="94,83%"/></p> <p>Arbeitsausnutzung <input type="text" value="91,66%"/></p>	<p><b>391.661.277 MWh*</b></p> <p><small>*ab 1. Kritikalität</small></p> <p><input type="text" value="93,98%"/></p> <p><input type="text" value="93,85%"/></p> <p><input type="text" value="93,10%"/></p>

# Kernkraftwerk Emsland

## Betriebsdiagramm 2023

Stand:  
15.04.2023  
22:31 Uhr

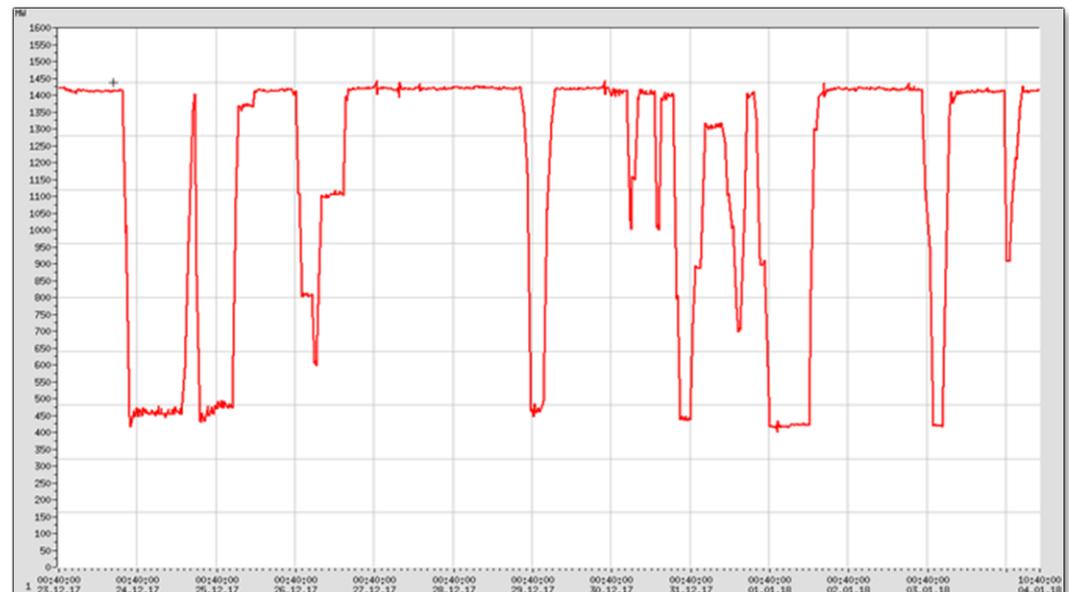
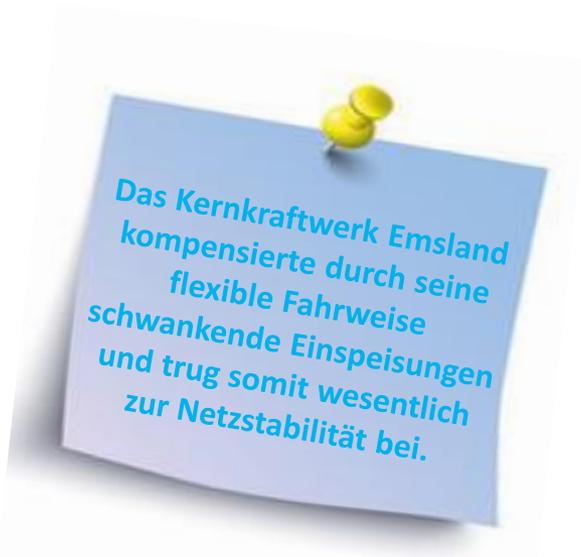
### Elektrische Bruttoerzeugung



geplante Laständerungen	ungeplante Laständerungen	2023	ab Übernahme
<p>A= Streckbetrieb bis zum (21.01.2023, 17:30 Uhr)</p> <p>B= BE-Wechsel (21.01.2023, 19:59 Uhr bis 05.02.2023, 12:30 Uhr)</p> <p>C= Beginn Streckbetrieb (08.03.2023, 06:00 Uhr)</p> <p>Alle nicht gekennzeichneten Laständerungen einschließlich Primärregelreserve erfolgten auf Anforderung des Lastverteilers.</p>	<p>1= Ansprechen L-RELEB durch Neutronenflussrauschen</p>	<p>Bruttoarbeit <b>2.245.050 MWh</b></p> <p>Zeitverfügbarkeit <input type="text" value="86,00%"/></p> <p>Arbeitsverfügbarkeit <input type="text" value="84,01%"/></p> <p>Arbeitsausnutzung <input type="text" value="62,60%"/></p>	<p><b>393.906.327 MWh*</b></p> <p>*ab 1. Kritikalität</p> <p><input type="text" value="93,92%"/></p> <p><input type="text" value="93,77%"/></p> <p><input type="text" value="92,85%"/></p>

# Das Kernkraftwerk Emsland lieferte gesicherte Grundlast und war flexibler Partner der Erneuerbaren

- Sichere Grundlastversorgung mit ca. 94 % Verfügbarkeit.
- In Abhängigkeit der Einspeisung regenerativer Energiequellen wurde die Kraftwerksleistung flexibel den aktuellen Erfordernissen angepasst.
- Standardgradienten bis zu 25 MW/min und schneller waren fahrbar.
- Eine Regelungsbandbreite von ca. 1000 MW stand schnell und flexibel zur Verfügung.
- Zur Stabilisierung der Netze wurden Regelenergieprodukte bereitgestellt.
  - **Frequenzstützung: +/- 75 MW**
  - Minutenreserve: 250MW / 15 Min

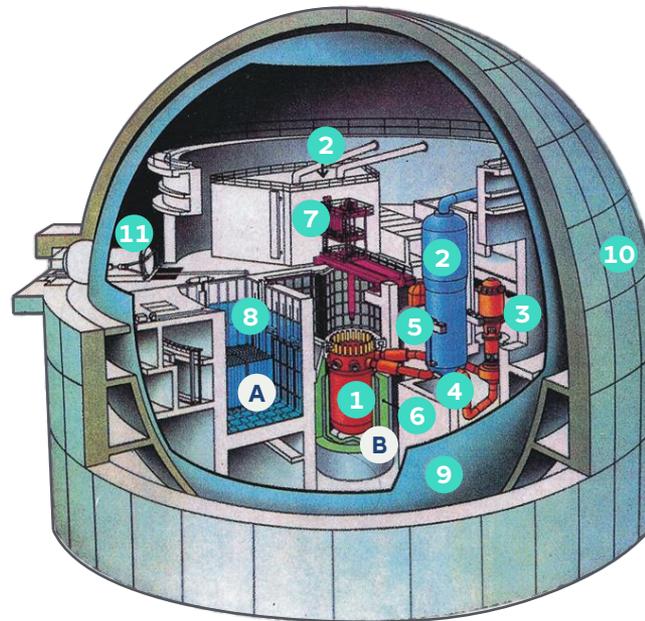


Lastdiagramm KKE vom 23.12.17 - 04.01.18

# Funktionsweise des KKE

## Vereinfachte Darstellung

- 1 Reaktordruckbehälter\*
- 2 Dampferzeuger
- 3 Hauptkühlmittelpumpe
- 4 Hauptkühlmittelleitung
- 5 Druckhalter
- 6 Betonabschirmung
- 7 Brennelement-Wechselmaschine
- 8 Brennelement-Lagerbecken
- 9 Sicherheitsbehälter
- 10 Stahlbetonhülle
- 11 Materialschleuse



\*gezeichnet im geöffneten Zustand (ohne Deckel)  
während des Brennelement-Wechsels

A

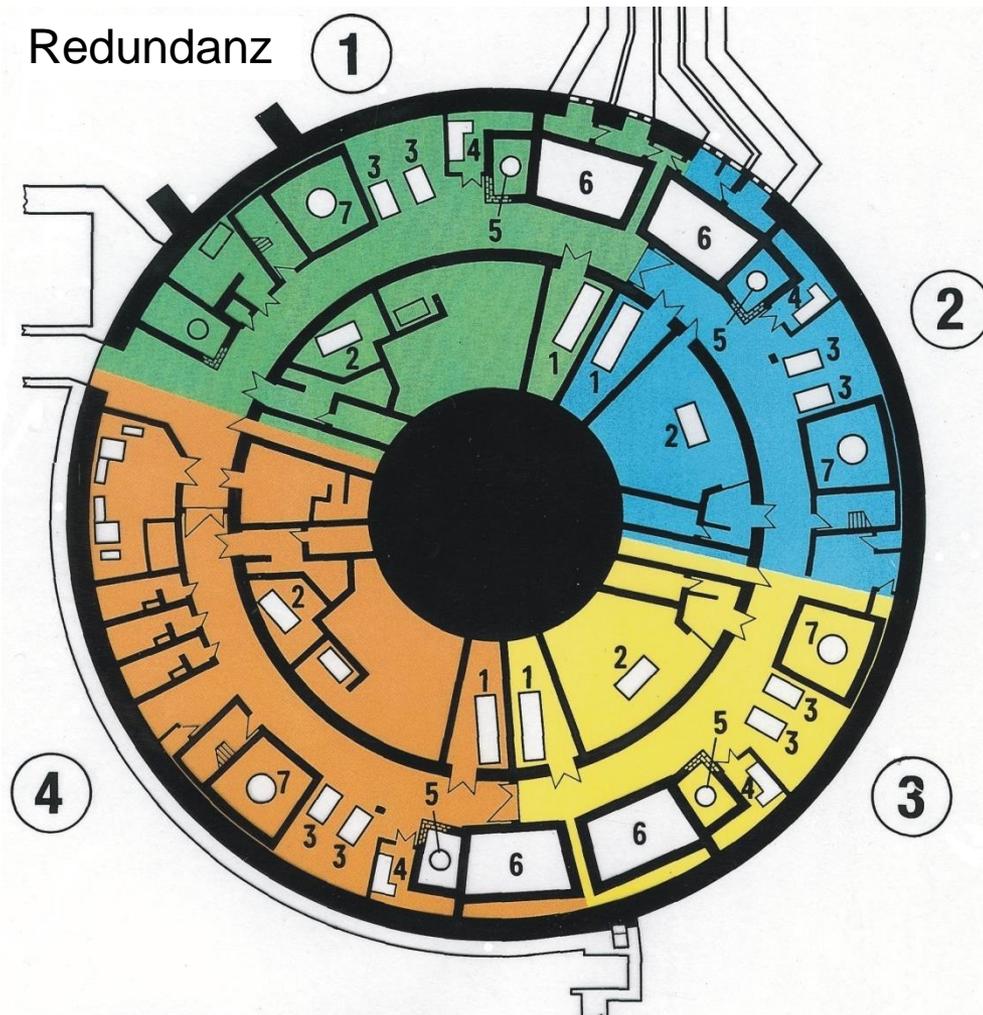
Die Brennelemente machen mehr als 99 % der gesamten Radioaktivität in der Anlage aus und sollen bis Q1 2027 entfernt werden.

B

99 % der verbliebenen Radioaktivität (ohne Brennelemente) sind im Reaktor Druckbehälter und im Biologischen Schild gebunden.

# Sicherheit im Kernkraftwerk

# Anordnung sicherheitstechnischer Komponenten im Reaktorgebäude

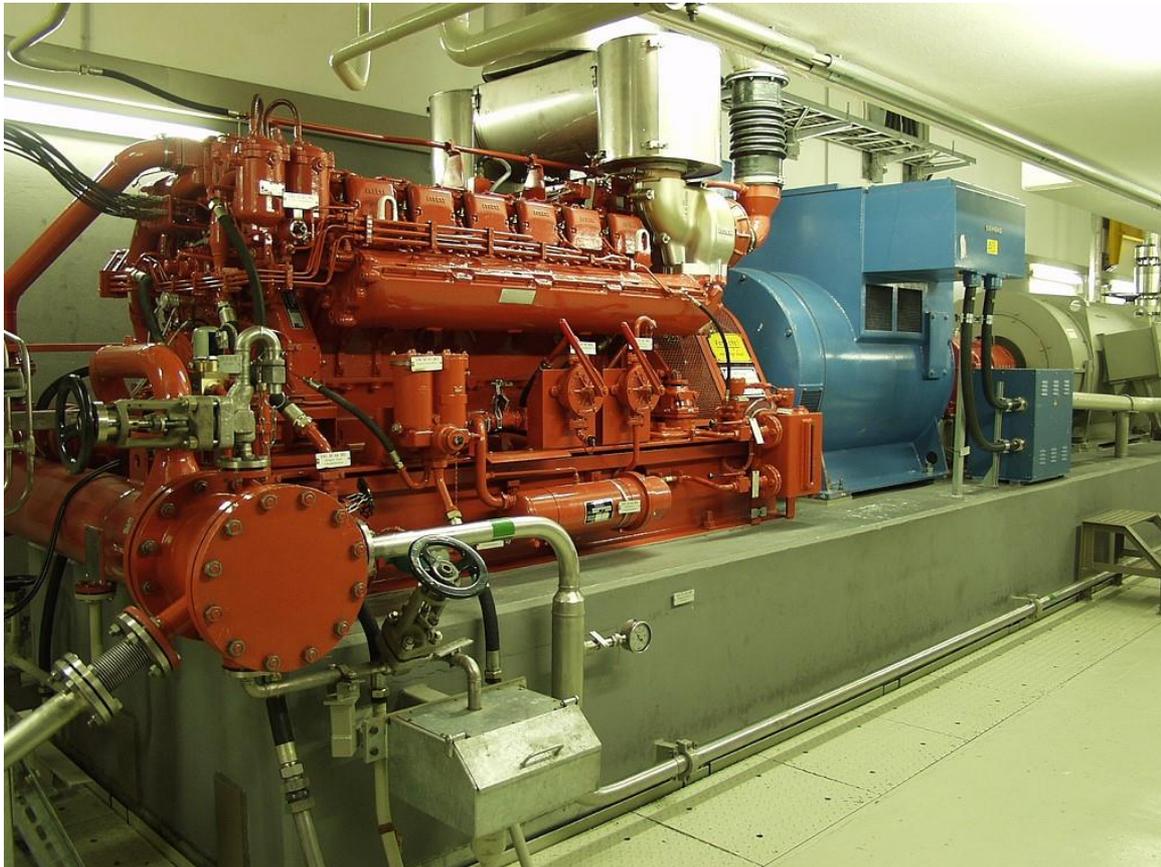


1. Sicherheitseinspeisepumpe
2. Nachkühlpumpe
3. Zwischenkühlpumpe
4. Zusatzborierpumpe
5. Nachwärmekühler
6. Flutbecken
7. Zwischenkühler

# D1 - Dieselaggregat



## D2 - Dieselaggregat



MTU

Zylinder 12  
Drehmoment 6042Nm  
Dauerleistung 950kw  
Gewicht 57t  
Verbrauch 210g/kwh  
= 200l/h

# EU-Stresstest und RSK-Sicherheitsüberprüfung

## Empfehlungen für eine weitere Erhöhung der Robustheit des KKE

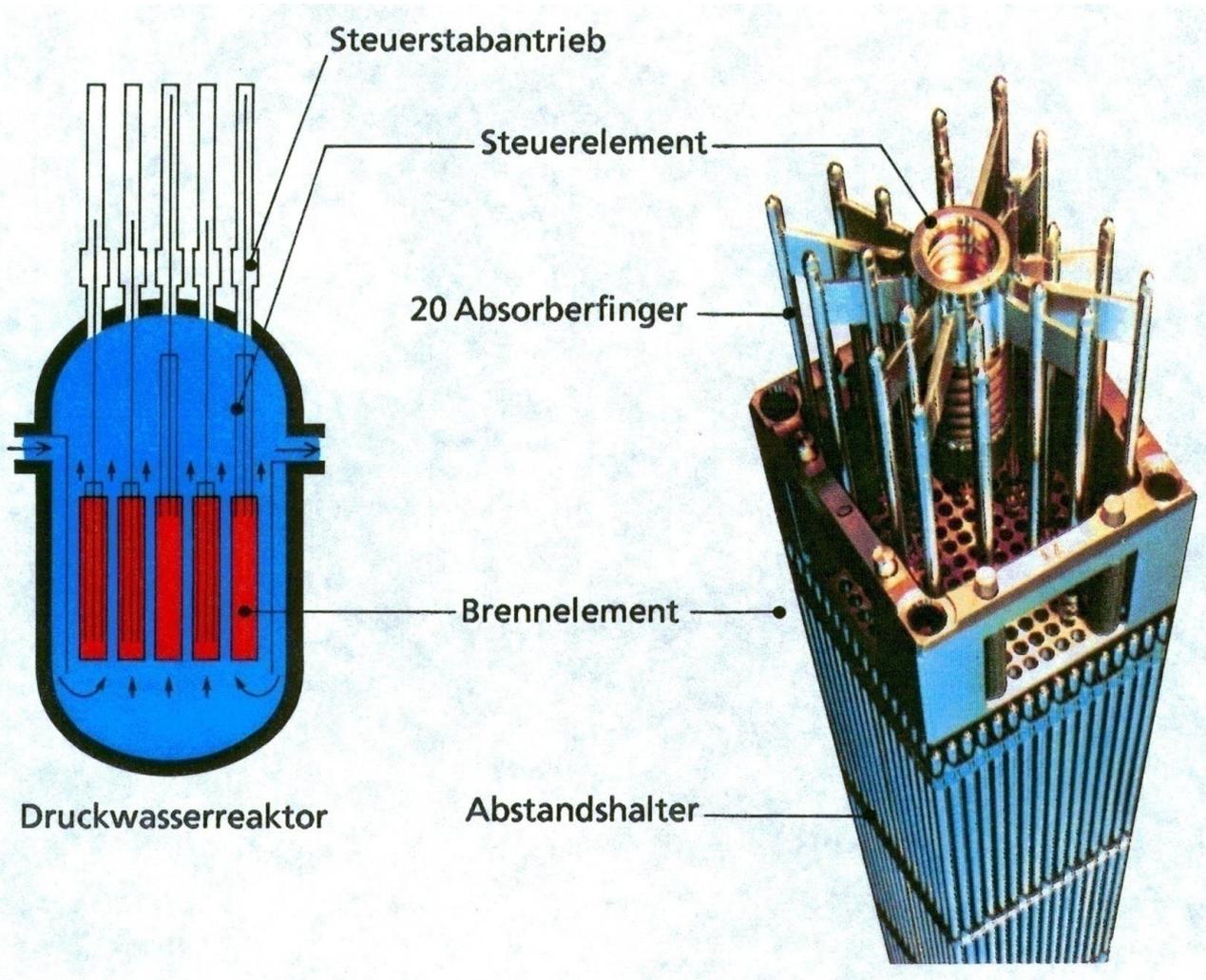
Installation einer Erdbebeninstrumentierung:  
Es existiert eine Erdbebeninstrumentierung gemäß der gültigen Regeln, d. h. diese Empfehlung ist für uns nicht nachvollziehbar.

Entwicklung sogenannter SAMGs (Severe Accident Management Guidelines: Richtlinien für die Behandlung schwerer Störfälle):  
Die Entwicklung der SAMGs ist in Arbeit. Die Wirksamkeit wurde bei einer Übung bereits erprobt.

Anschaffung von zwei mobilen Diesel-Generatoren und passenden Anschlussmöglichkeiten:  
Die Anschlussmöglichkeiten wurden eingerichtet, zwei mobile Dieselaggregate befinden sich auf dem Anlagengelände. ( 450 KVA )



# Brennelement mit Steuerstab

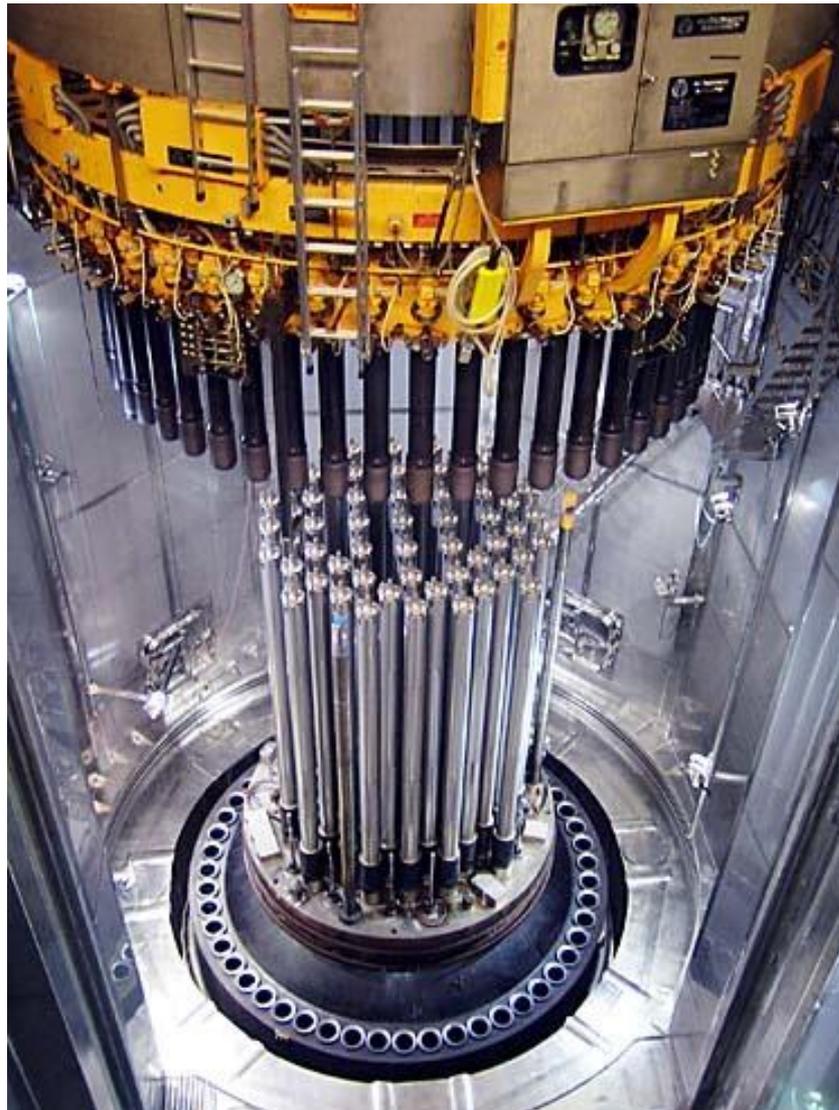


193 Brennelemente  
300 Brennstäbe  
~57900 Brennstäbe

61 Steuerstäbe

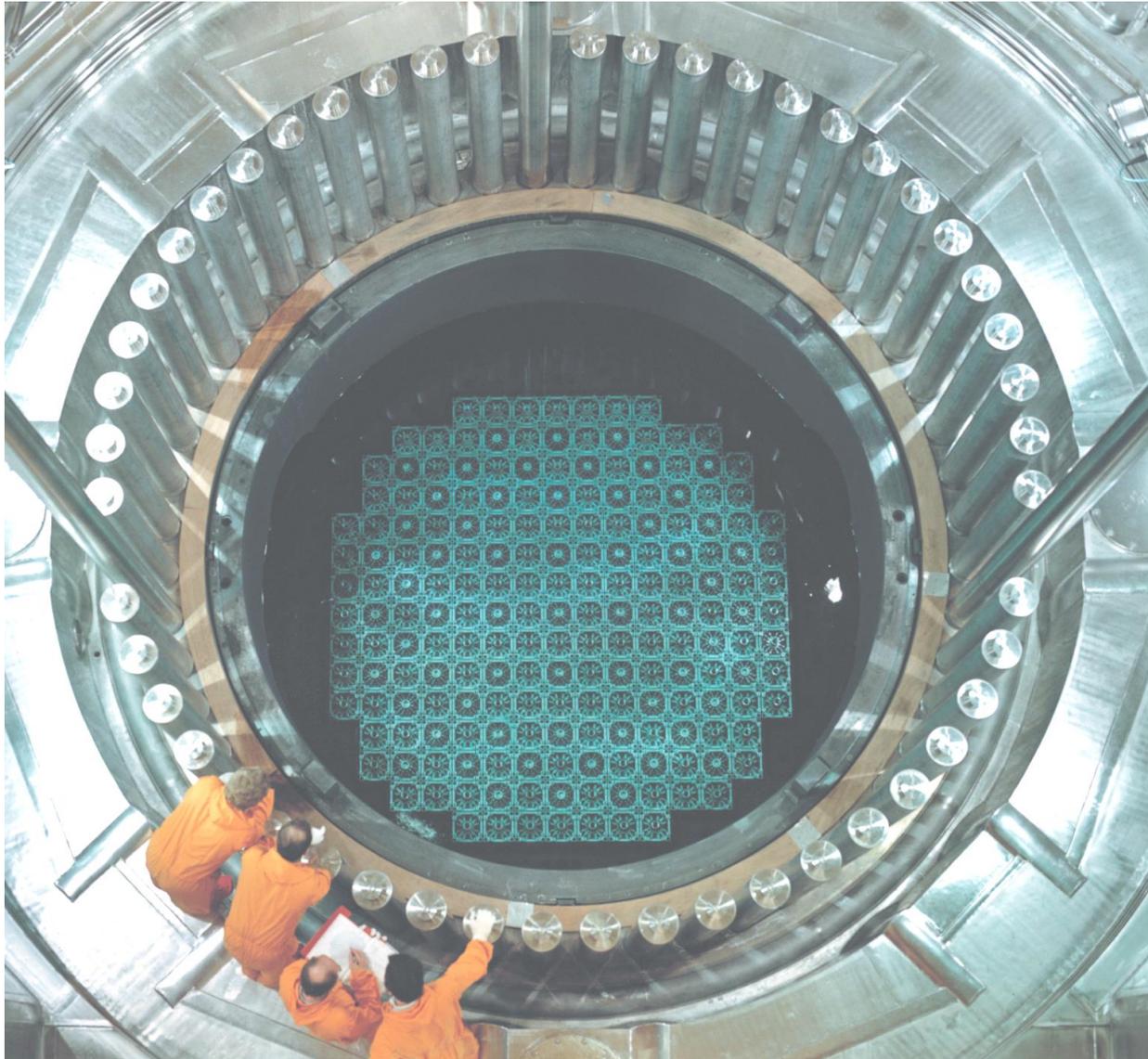
Material :  
Cadmium/Indium/Silber

# Steuerstabantriebe und Bolzendreheinrichtung

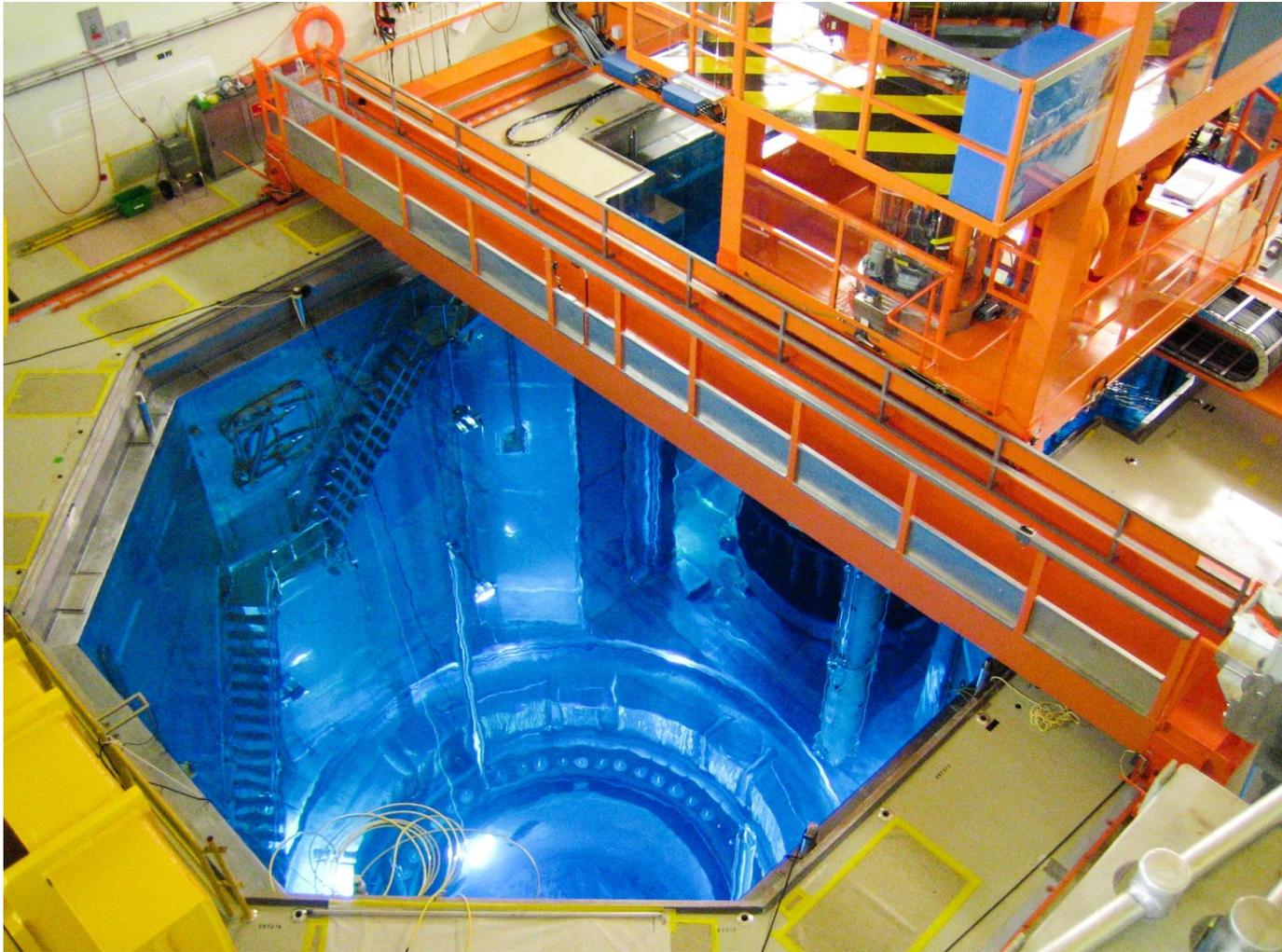


# Radioaktivität und Strahlung

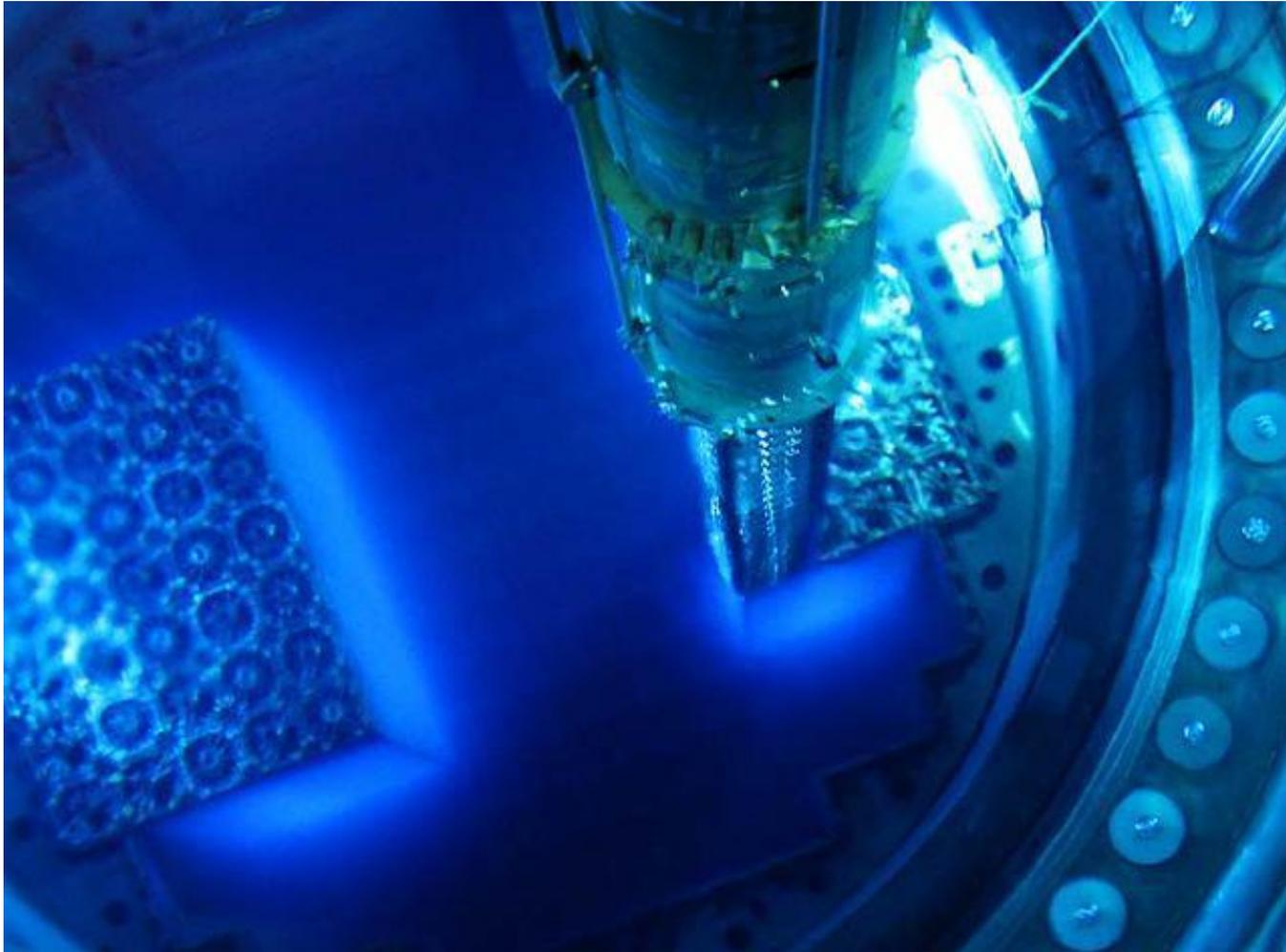
# Blick in den Reaktor



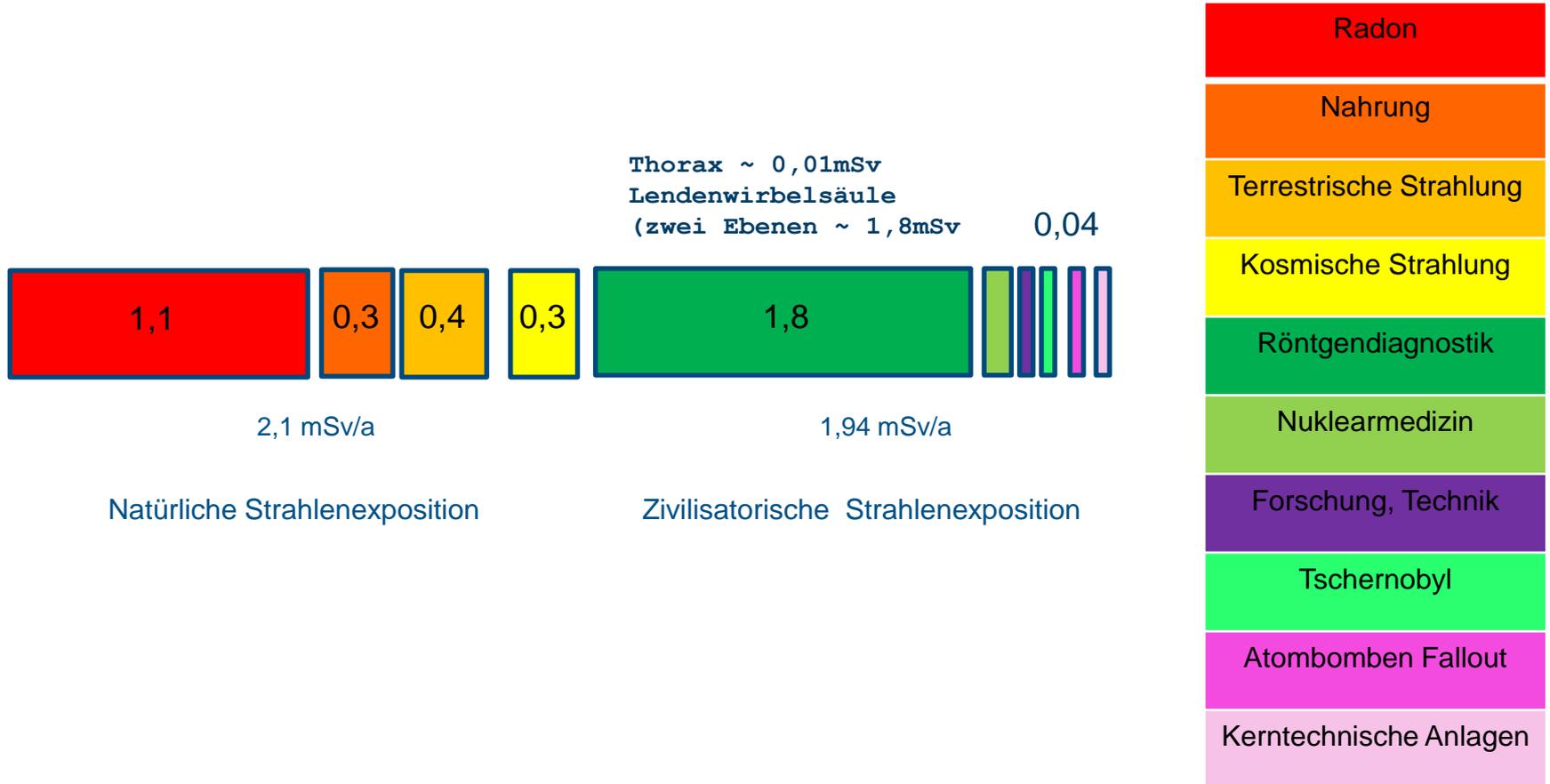
# Die Reaktorgrube

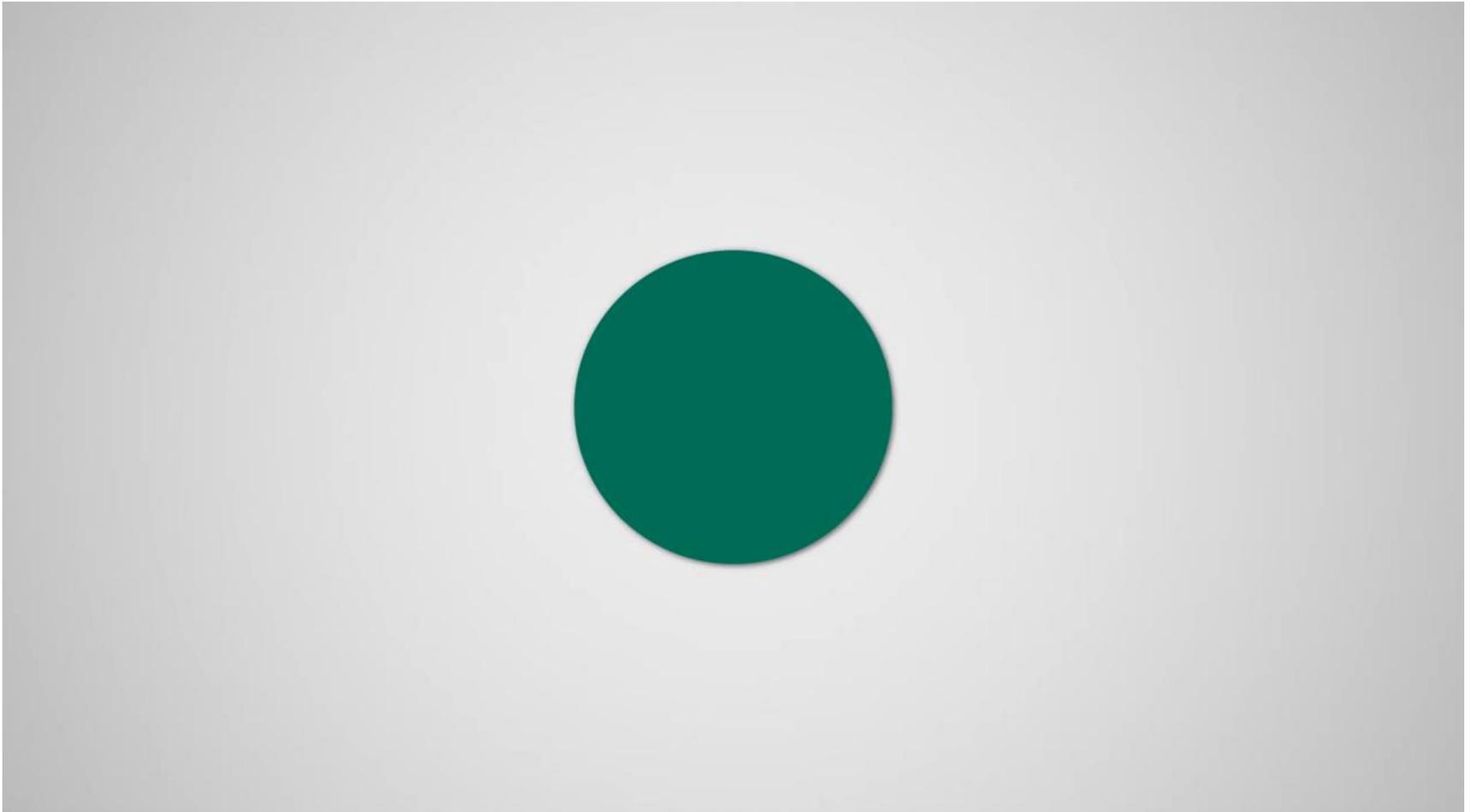


# Brennelementwechsel



# Mittlere jährliche Strahlenexposition in Deutschland





# Rückbau von Kernkraftwerken

# Neuordnung der Verantwortung der kerntechnischen Entsorgung zwischen Bund und Energieversorgungsunternehmen



## Verantwortung Energieversorgungsunternehmen

- Sicherer Anlagenbetrieb bis Laufzeitende
- Stilllegung und Rückbau der Kraftwerksanlagen
- Fachgerechte Verpackung

Für den Übergang der Handlungs- und Finanzierungspflicht der kerntechnischen Entsorgung haben die EVU in einen dotierten Fonds eingezahlt.

Übergabe

## Verantwortung Bundesrepublik Deutschland

- Zwischenlagerung (BGZ)
- Endlagerung (BGE)

## Neuordnung der Verantwortung

- Gesetz zur Neuordnung der Verantwortung in der kerntechnischen Entsorgung vom 27.01.2017 (in Kraft getreten am 16. Juni 2017)
- § 7 Abs. 3 Satz 4: „**Anlagen, ... deren Leistungsbetrieb endgültig beendet ist ... sind unverzüglich stillzulegen und abzubauen.**“
- Abfälle werden fachgerecht verpackt an die Gesellschaft für Zwischenlagerung (BGZ) übergeben.

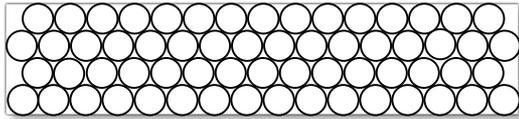
# Zeitplan zum Abbau

## Von der Genehmigung bis zur Entlassung aus dem AtG

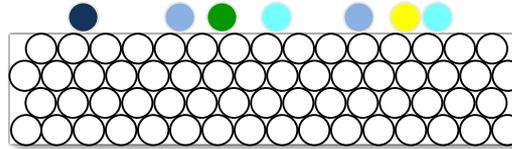


- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1 Scoping Termin</li> <li>2 Erörterung</li> <li>3 Stilllegungs- u. Abbaugenehmigung liegt vor</li> <li>4 Brennstofffreiheit ist erreicht</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>5 Abschluss Abbau u. Verpackung akt. Komponenten</li> <li>6 Freigabe u. Abgabe aller Materialien abgeschlossen</li> <li>7 Letzte Gebinde mit radioaktivem Material abtransportiert</li> </ul> |
|--|--|

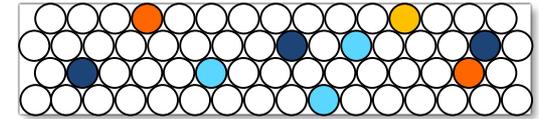
# Kontaminiertes Material unterscheidet sich von aktiviertem Material



Neues oder gesäubertes Material



Kontamination  
(nur an der Oberfläche)



Aktivierung  
(in der Materialstruktur)

Mit Hilfe von Verfahren zur Dekontamination werden die Oberflächen gesäubert.

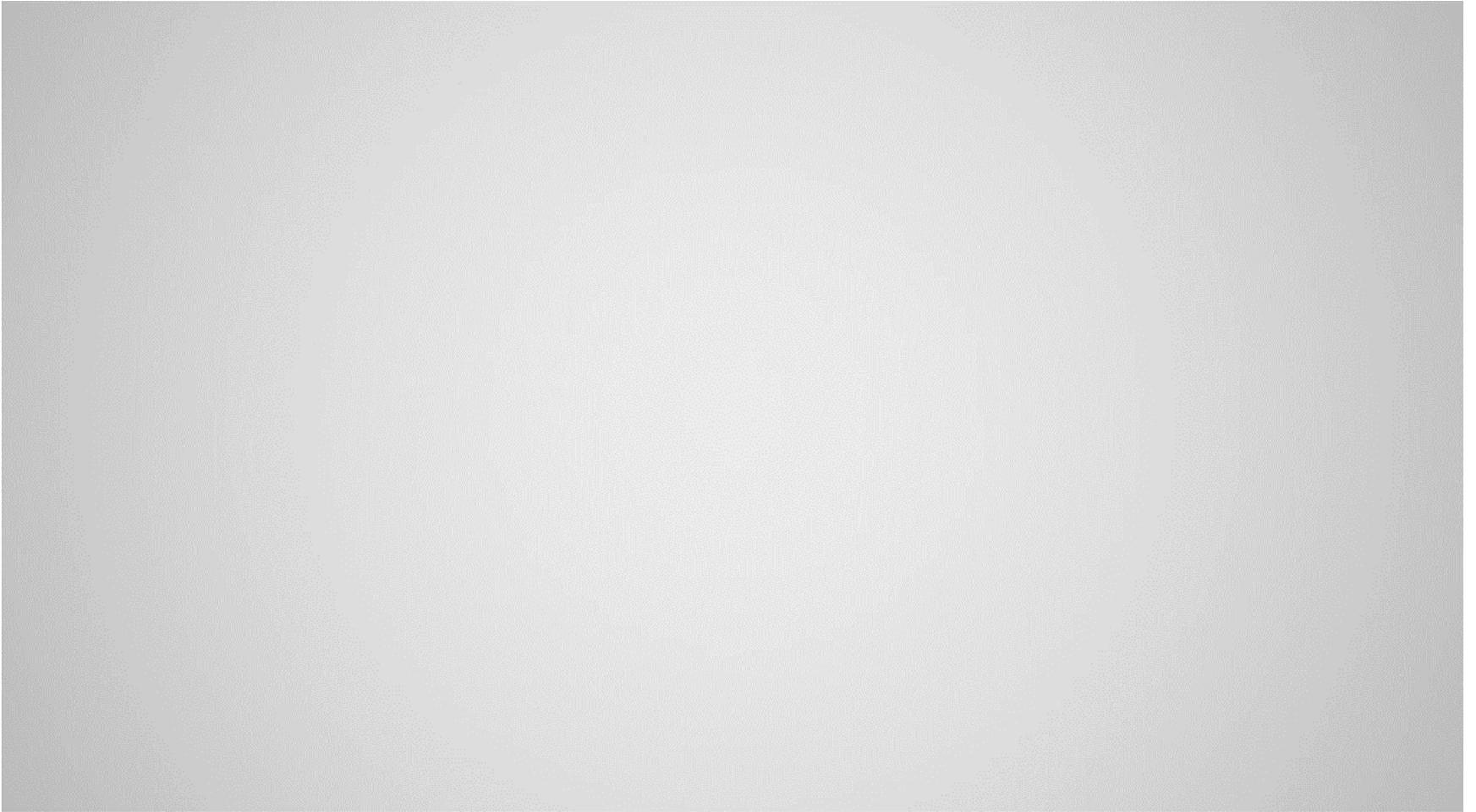


Variante Mechanische  
Dekontamination: z.B.  
Abrasiveverfahren

- Aktiviertes Material hat die Radioaktivität in der Materialstruktur aufgenommen.
- Eine Reinigung mit den Verfahren der Dekontamination ist nicht möglich.
- Aktivierte Anlagenteile werden fachgerecht verpackt und dem Bund zur Zwischen- bzw. Endlagerung übergeben.

**Ziel ist die effiziente  
Aufbereitung der  
Wertstoffe**

**Bereitstellung von fachgerecht  
verpackten Gebinden für die  
Übernahme durch die BGZ/BGE**



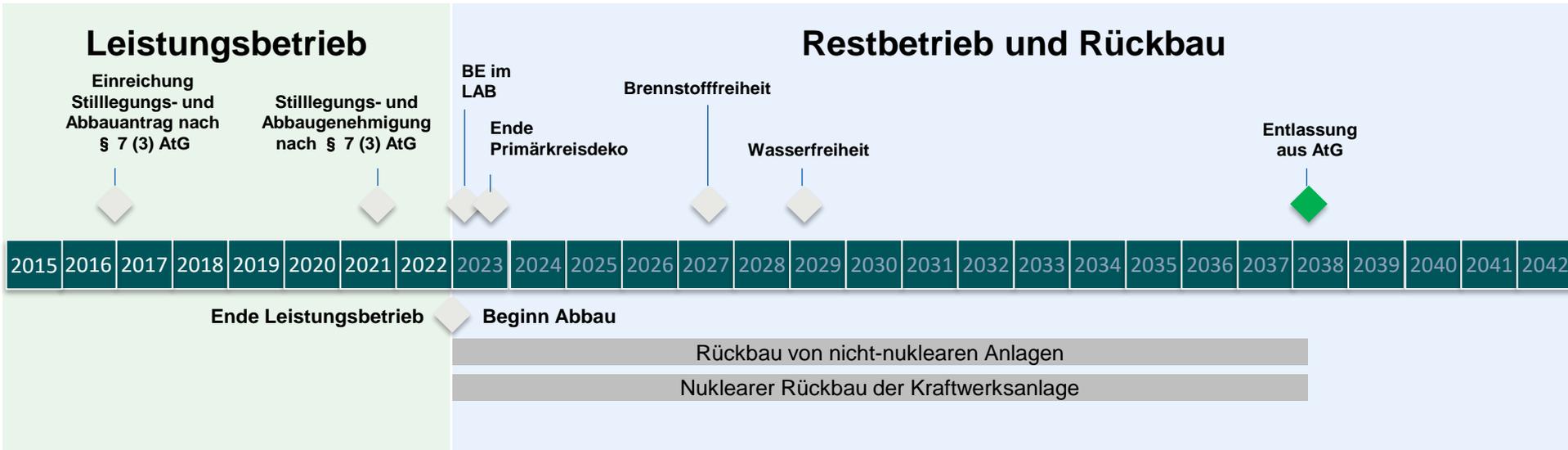
# RWE

**Vielen Dank für  
Ihre Aufmerksamkeit**



# Zeitplanung des Kernkraftwerksstandortes Lingen

## Kernkraftwerk Emsland



## Kernkraftwerk Lingen

