

Akademie Bergstraße, 26. Oktober 2023
Veranstaltung „Kernenergie – wann steigt Deutschland wieder ein?“

Die globale Renaissance der Kernenergie

Dr. Björn Peters

CFO & Mitbegründer, Dual Fluid Energy Inc. (Vancouver)

The Global Renaissance of Nuclear Energy

Björn Peters

INTRODUCTION

In the 1960s and 1970s, many countries have seen a fast buildout of nuclear power. The fastest buildout plan was introduced by France. Within only 13 years between 1980 and 1993, nearly 300 terawatt-hours of nuclear power production were added. In the 1990s, western countries stopped developing new nuclear power plants. Oil, coal, and gas were cheap commodities and carbon dioxide emissions were no topic of importance for decision-makers. Nuclear energy was too capital intense in comparison to fossil fuel-driven power stations. New political “green” movements emanated, that fought nuclear power, often funded by fossil fuel interests. The nuclear accident of Chornobyl, although technically impossible in all Western power stations, added to the erroneous fears that nuclear power could not be controlled sufficiently

The communication style of the nuclear industry in Western countries – essentially focusing on technical information for engineers, but ignoring the emotional side of the technology – created a void that greenish non-government organizations were happy to fill.

In this light, many countries are considering or re-considering nuclear energy as a stable, reliable, and relatively cheap source of energy, both for electricity and for industrial heat. As a relatively new trend, some countries foster the development of small and modular reactors (SMR). Around 70 companies

Die globale Renaissance der Kernenergie

Inhalt



Lernen aus der Vergangenheit



Innovation in der Kerntechnik



Wie SMR die Kosten senken werden

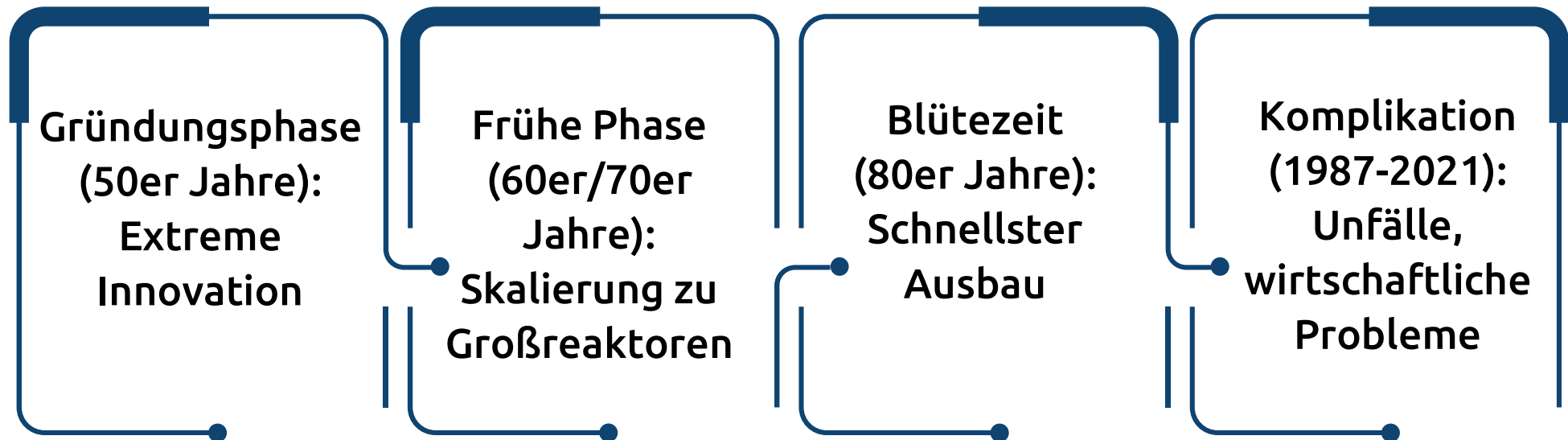


Disruptive Entwicklungen



**Übergang zu einer Welt mit
Zehntausenden von Reaktoren**

1 Aus der Vergangenheit lernen





Gründungsphase

**Nuklearforschungs-
zentren in vielen
Ländern**

**Keine
Genehmigungs-
behörden**

**Alle wichtigen
Reaktordesigns
als Experimente**

Seitdem kaum noch Innovation!

Hochskalierung

1960er/70er Jahre



**Reaktor-
entwicklung mit
Schwerpunkt auf
kommerzieller
Anwendung**

**Militärische
Erwägungen
dominieren
Technologie-
auswahl**

**Ende der
Innovation,
Leichtwasser-
reaktoren
dominieren**

Schnellster Ausbau

1980s

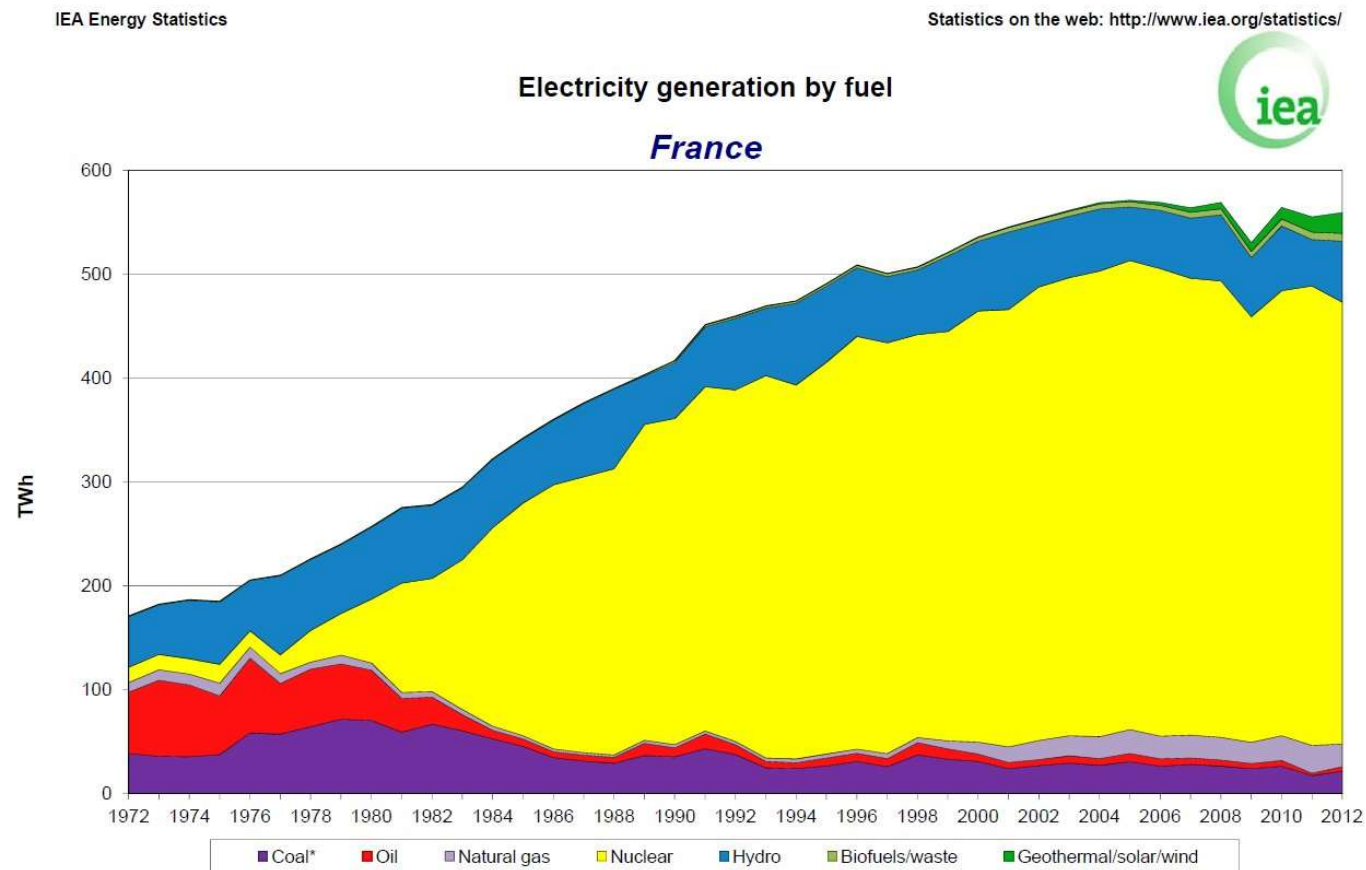


- **Aufstockung von Leichtwasserreaktoren auf > 1000 MW**

- **Massive Ausbauprogramme in den USA, Großbritannien, Frankreich, Deutschland, Schweden, Russland, Spanien...**

- **Beispiel Konvoi-Reaktoren in Deutschland:**
 - Große modulare Reaktoren
 - Steile Lernkurve
 - Günstig, pünktlich, zuverlässig

Messmer-Plan: systematischer Ausbau



* In this graph, peat and oil shale are aggregated with coal, when relevant.

© OECD/IEA 2014

For more detailed data, please consult our on-line data service at <http://data.iea.org>.

Komplikation

1990s+



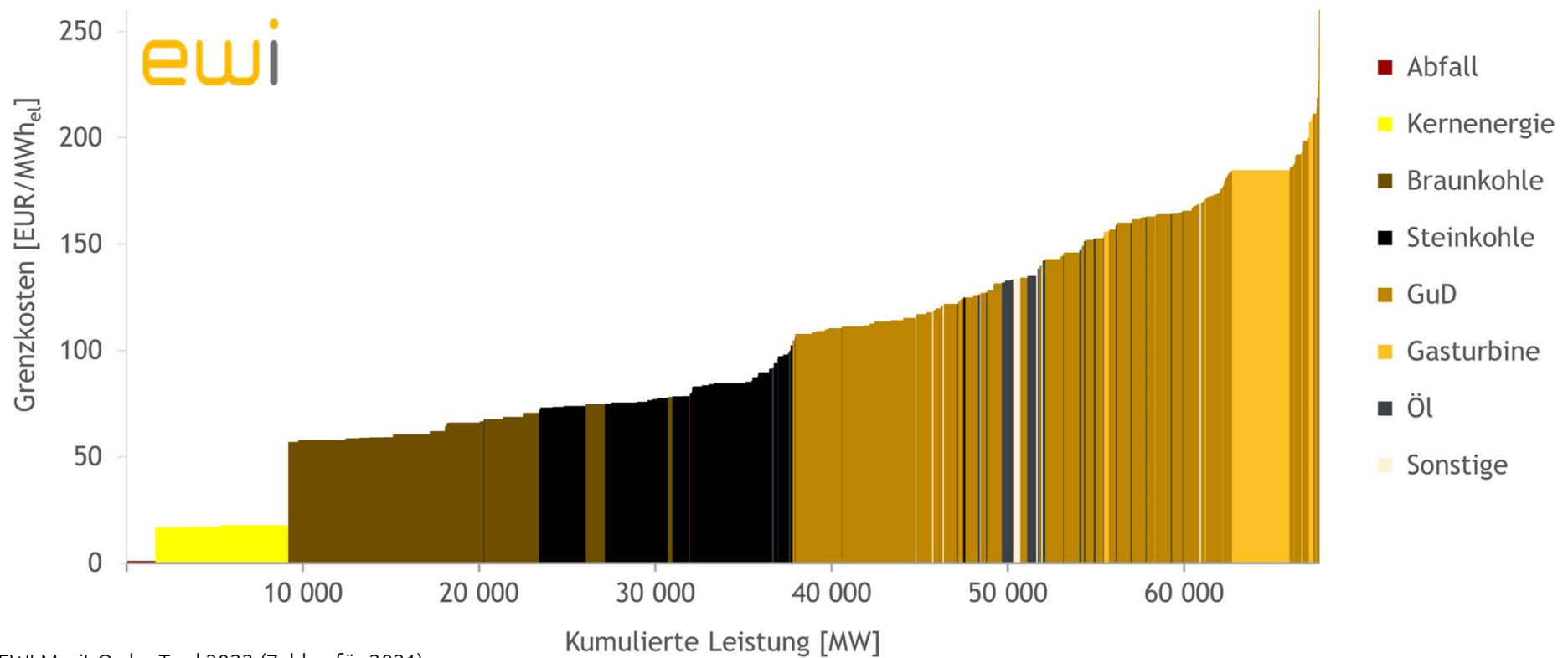
**Nukleare Unfälle als
Auslöser für
weltweite
Anstrengungen zur
Erhöhung der
nuklearen Sicherheit
("soziotechnisches
System")**

**Rekordtiefe Preise
für fossile
Energierohstoffe
machen
Kernkraft unrentabel**

**Neue Anti-Atomkraft-
Bewegungen,
Industrie entzieht sich
dem Dialog mit der
Öffentlichkeit**

**Die westliche Atomindustrie hat verlernt,
Kernreaktoren zu bauen**

Konvoi-Reaktoren mit rekordniedrigen Grenzkosten



Quelle: EWI Merit Order Tool 2022 (Zahlen für 2021)

Innovation in bestehender Nukleartechnik

**Ständige Wartung
hält
Kernkraftwerke
'neu'**

**Globales
Netzwerk für
Sicherheit**

Kühlsysteme

Wasserstoff-
Rekombinations-
system

Druckentlastungs-
ventile

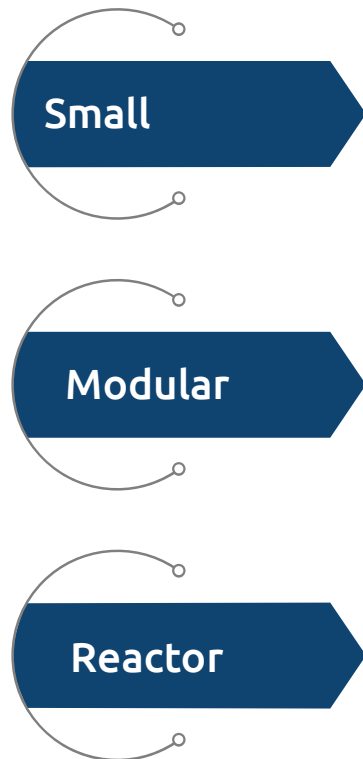
**Passive
Sicherheits-
systeme**

Core Catcher

Passive Kühlung
für 5 – 10 Tage

**Verbesserte
Interaktion
zwischen KKW-
Betriebsteams
statt
Befehlsketten**

Wie SMR die Kosten senken werden



- Kompensation des Trends zu immer größeren Reaktoren (1600 MW in Olkiluoto), Verlust der Größenvorteile, willkürliche Höchstgröße von 300 MW_{el}
 - Walk-away-safety / passive Sicherheit
 - Weniger Komponenten, einfacheres Design, einfachere Lizenzierung
-
- Skalenerträge durch hohe Stückzahlen, identische Produkte
 - Industrielle Fertigungsprozesse: Verbesserte Zuverlässigkeit, niedrigere Kosten
-
- Kernenergie mit kleinstem ökologischen Fußabdruck, keine Emissionen während des Betriebs
 - Besserer Kraftstoffverbrauch, längere Zyklen der Brennstoffnutzung

Weitere Kostenhebel (einiger Reaktordesigns)

Schnelle Reaktoren

Vollständige Nutzung des Brennstoffs ("erneuerbare Energie")

Alle Brennstoffe möglich
(U, Th, Pu, MOX)

Endlager überflüssig

Kein langlebiger Atommüll, Lagerung nur wenige 100 Jahre

Nutzung von Atommüll

Hochtemperaturdesigns

Höhere Effizienz der Stromerzeugung

Nicht-elektrische Anwendungsfälle

Inhärente Sicherheit

Einsatz in Industriezentren

Kraft-Wärme-Kopplung

Vereinfachungspotenzial bei Lizenzierung

Von der Strom- zur Energiewende

Moderne Volkswirtschaften

20 bis 25 Prozent des Energieverbrauchs entfallen auf Strom

Nicht-elektrische Energiesenken

- Mobilität
- Heizung
- Prozesswärme
- Rohstoff-Verarbeitung

Hochtemperatur-Kernenergie zur Erzeugung von

- H₂ und Synfuels
- Methanol/Hydrazin
- Stahl/Glas/Zement/Metalle
- Basischemikalien

Reaktoren mit einer Kühlmitteltemperatur von 600° – 1000° C können die gesamte Wirtschaft dekarbonisieren

Die Ökonomie der Disruption – wie man scheitert

Beispiel Deutschland

Politische Strategie der systematischen Energie-Verteuerung

Zweck: Schaffung von Wettbewerbsvorteilen für erneuerbare Energien

Höchste Strompreise lassen Wirtschaft abwandern

Aber

Nur 17 % der Menschen leben in OECD-Ländern

CO₂-Emissionen steigen weiter an

Deutschland verliert bedeutende Teile seiner Industrie

Kein Vorbild für Entwicklungsländer

Die Ökonomie der Disruption – wie man gewinnt

Silicon-Valley-Definition einer disruptiven Technologie:

Ein doppelt so gutes Produkt zum halben Preis

Preispunkte heute

Strom aus Kohle	5 Ct/kWh

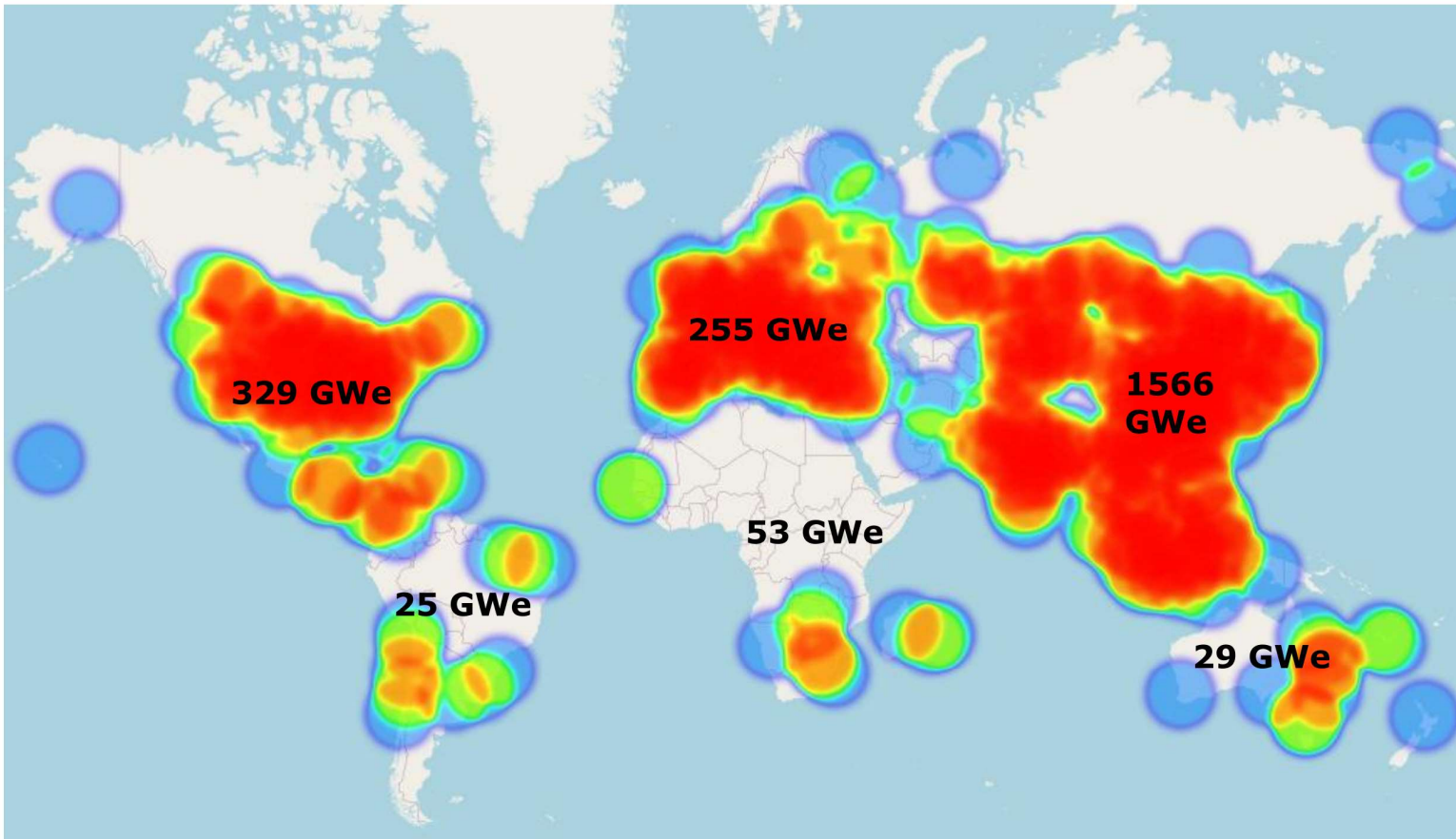
Prozesswärme	2 Ct/kWh

Öl @ 50\$/bbl	32 Ct/l

Frage:
**Kann Kernenergie
Energie halb so
teuer herstellen
wie fossile
Energieträger?**

Anmerkung: keine Steuern, Abgaben und Kohlenstoffpreise berücksichtigt

Coal replacement for On-Grid Power: Overall Market



This heat map includes units under construction and units decommissioned in 2010 or later.
Regions: Europe, Asia, North America, South America, Africa, Oceania.

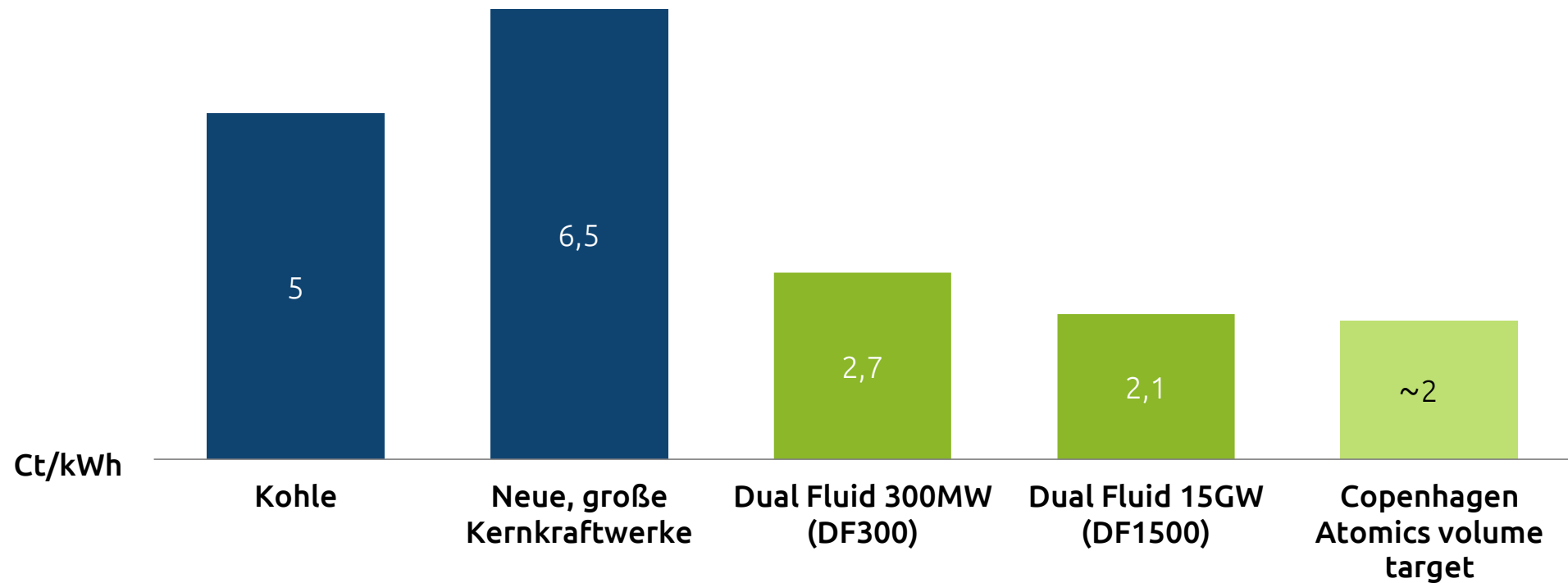
2.2 TWe

The total market of coal power plants in operation, under construction or recently retired (i.e. since 2010)

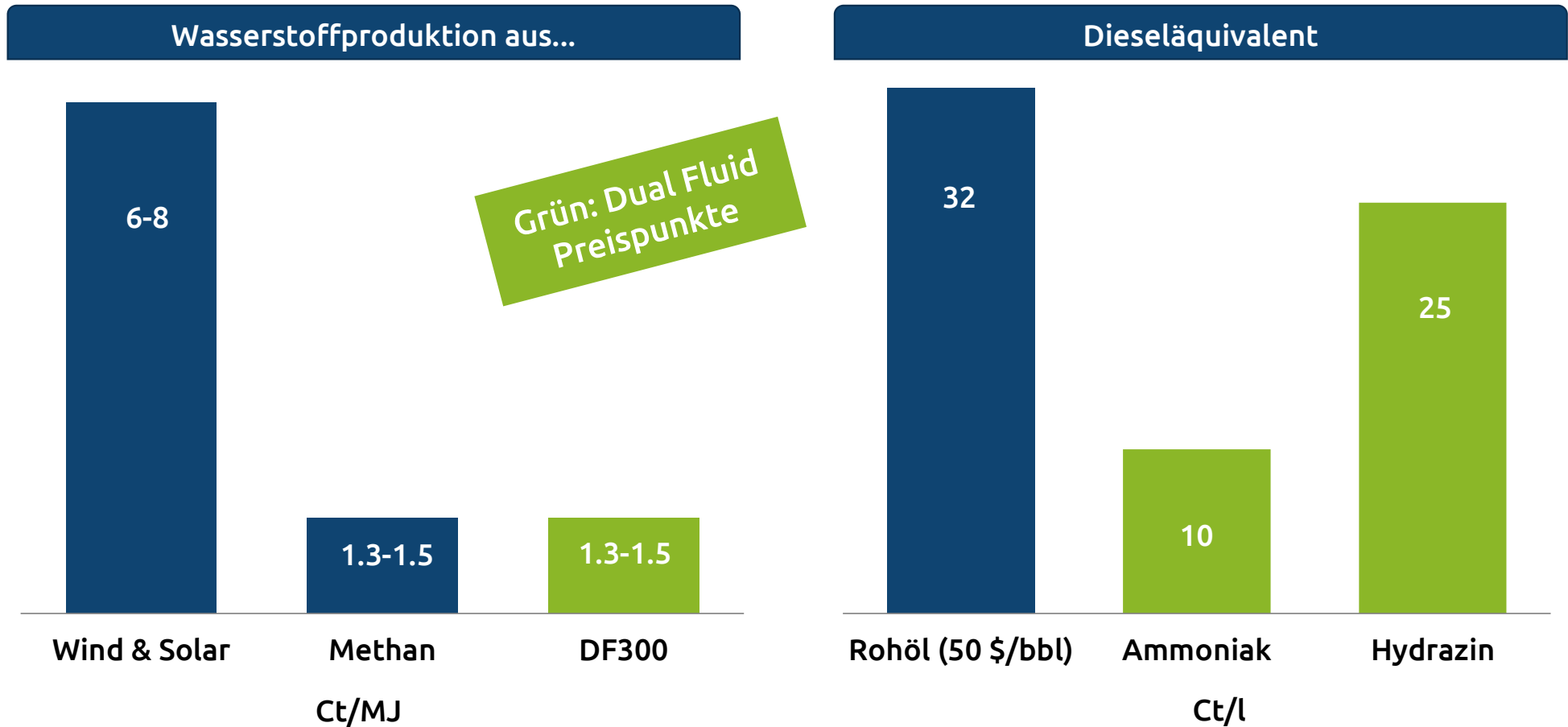
→ NEA Coal Replacement case study will investigate the **initial target market** for SMRs to replace or repower existing coal power plants

Kernenergie als disruptive Energietechnologie

Kosten von Kraftwerken im Neubau



Verbundvorteile bei nicht-elektrischer Nutzung



Wie schafft man den Übergang zur nuklearen Welt?

Maßnahmen der Industrie

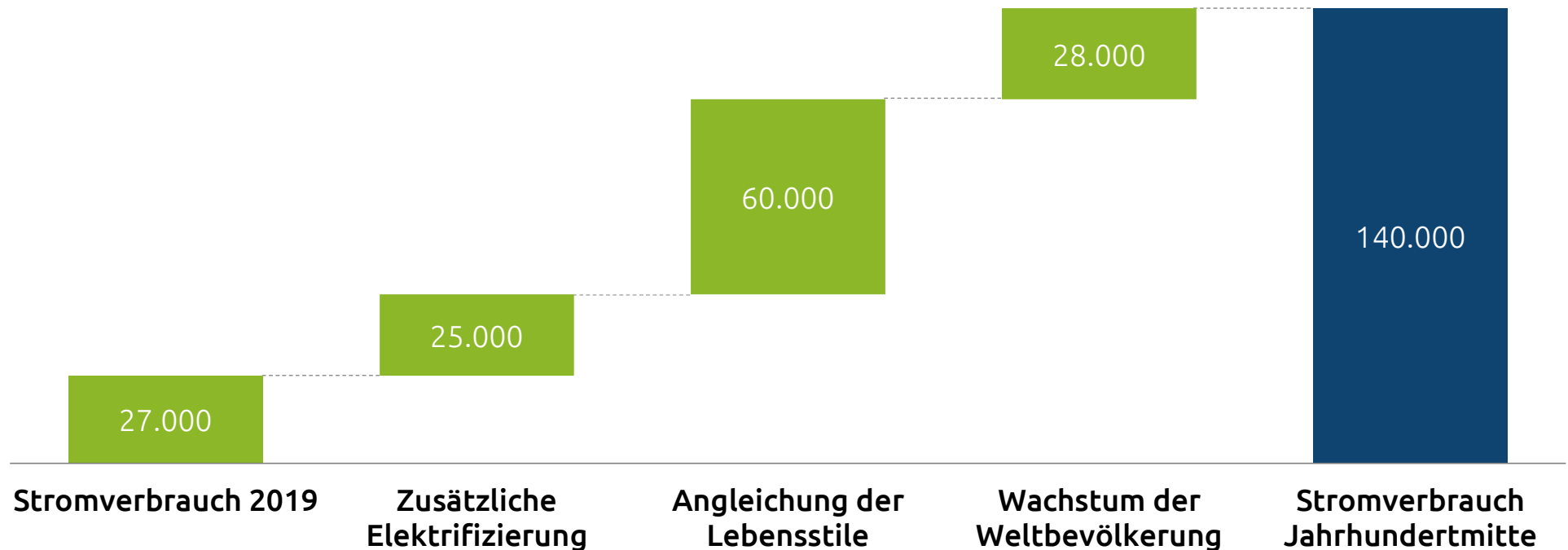
- Soziales Prestige für Nuklearingenieure
- Große Produktauswahl für Käufer von klein bis groß
- Striktes Design-to-Cost
- Finanzierungsquellen

Maßnahmen der Regierung

- Staatlich geförderte Ausbauprogramme
- Straffere Lizenzierungsverfahren
- Brennstoffproduktion und Proliferationspolitik fördern
- Regulierung des Brennstoffkreislaufs
- Schnelle Reaktoren bevorzugen

Marktgröße einer Welt in Energiereichtum

Stromverbrauch weltweit, heute und Überleitung bis Mitte des 21. Jahrhunderts (in TWh/a)



Quelle: Dual Fluid Energy, 2023

Marktgröße in Anzahl von "SMR-Einheiten"

140.000 TWh/a jährlicher Bedarf bis Mitte des Jahrhunderts

	Großes KKW: 10 TWh/a	SMR: 2 TWh/a	Wasserkraft/PV/sonstige/ bestehende (20%)
Marktanteil	20%	40%	40%
	2.800 Einheiten	28.000 Einheiten	56.000 "Einheiten"
+ Synfuels	15.000 Einheiten	5.000 Einheiten	./.
+ ind. Wärme	3.000 Einheiten	30.000 Einheiten	./.
+ Gasersatz	10.000 Einheiten	7.000 Einheiten	./.
Gesamt	30.000 Einheiten	70.000 Einheiten	

Marktabschätzung für Brennstoff und Invest

Brennstoffverbrauch

66.000 GW_{el}

15 t/GW_{el} Uran jährlich

1 Mio. t/a angereichertes Uran

Aber: mit schnellen Reaktoren
100x höhere Treibstoffeffizienz

10.000 t/a Natururan (entspricht
heutiger Produktion)

Jährlicher Investitionsmarkt

66.000 GW_{el} über 40 Jahre gebaut

Maximal 2 USD/W

Gesamtwert 130.000 Mrd. USD

1,650 GW_{el} pro Jahr

Jährlicher Kapitalbedarf von
~4.000 Mrd. USD

Der Weg nach vorn

