Grundlagen Erneuerbarer Energien

Architektur eines Systemwandels – Eine strukturierte Analyse.



Gemini Notebook



Bedarfs- & Versorgungssituation

Die Lücke schließen – In Deutschland entfallen aktuell nur 15% des Primärenergieverbrauchs auf Erneuerbare Energien.

Systemkonflikt: Fossil vs. Erneuerbar

Der Paradigmenwechsel – Vom unwiederbringlichen Verbrauch begrenzter Ressourcen zur Nutzung unbegrenzter Kreisläufe.

Energiewandlungs-sketten & Netze

Die Mechanik – Die Neugestaltung von zentralen und dezentralen Architekturen zur Nutzenergiebereitstellung.

Zukunft & EEG-Ziele bis 2050

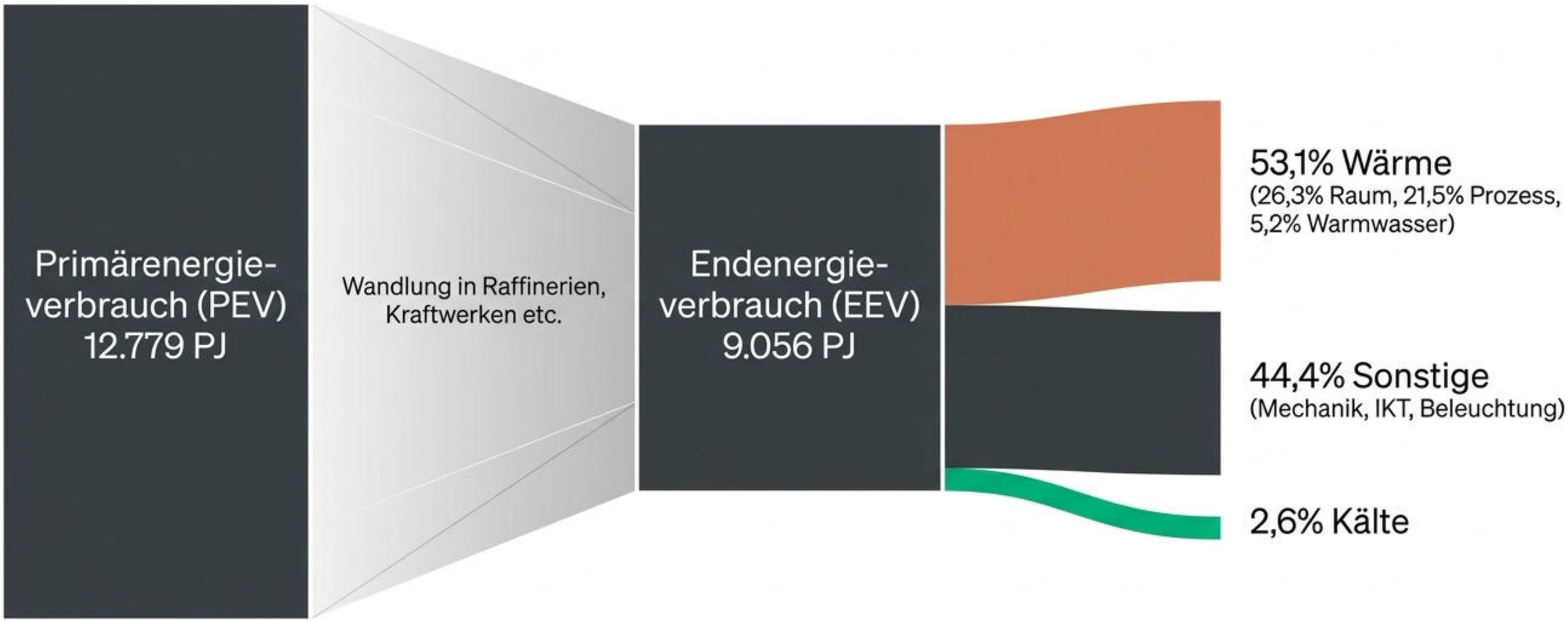
Die doppelte Herausforderung – Der Ausbau der Erneuer-baren (Ziel: 80% beim Strom) bedingt zwingend eine radikale Reduktion des Endenergieverbrauchs.

Geopolitik des Wasserstoffs

Das neue globale Schachbrett – Die Dekarbonisierung formt neue Allianzen basierend auf Ressourcen, Wasser und Infrastruktur.

Gemini Notebook

Die Anatomie des Energieverbrauchs (Deutschland, 2019)



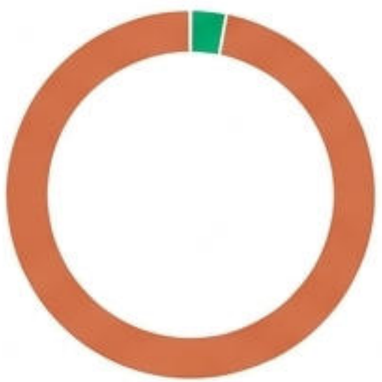
Gemini Notebook

Energy Architecture

Sektorale Diskrepanz: Wer verbraucht was?

Verkehr

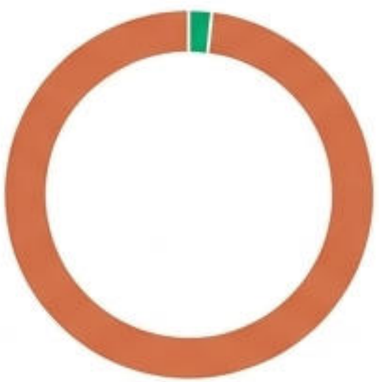
2.770 PJ



Marginaler EE-Anteil (114 PJ). Größtes theoretisches Ersatzpotenzial.

Industrie

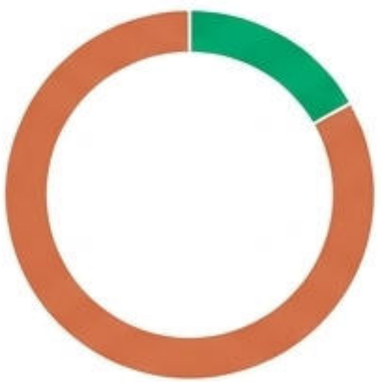
2.536 PJ



Geringster absoluter EE-Anteil (112 PJ). Stark mineralöl- und gasgetrieben.

Haushalte

2.408 PJ

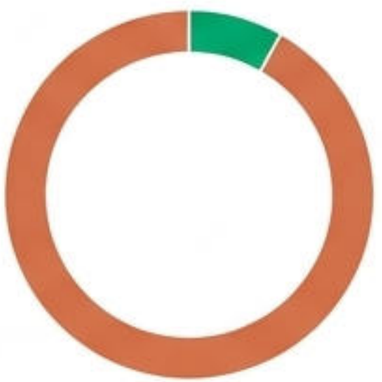


Größter absoluter EE-Anteil (340 PJ).

GHD

(Gewerbe, Handel, Dienstleistungen)

1.342 PJ



Geringster Gesamtverbrauch, geringstes absolutes Ersatzpotenzial (122 PJ EE).

Im Gesamtdurchschnitt decken erneuerbare Energieträger aktuell 7,6% des Endenergieverbrauchs, im Bereich Wärme immerhin 11,9%.

Gemini Notebook

Systemkonflikt: Der Paradigmenwechsel der Energieträger

Dimension	Fossile Energieträger	Erneuerbare Energieträger
Ressourcen-Verfügbarkeit	Unwiederbringlicher Verbrauch, statische Reichweite. ✗	Kein Verbrauch, unbegrenzt verfügbar (nachwachsend). ✓
Klima-Auswirkungen	Massive CO2-Freisetzung (verbrennt vor Jahrmillionen gebundenen Kohlenstoff).	CO2-freundlich / CO2-neutral (gibt maximal das gebundene CO2 der Umgebung ab).
Umwelt & Abfall	Erhöhtes Gefährdungspotenzial der Abfallstoffe (z.B. nuklear), hohes Risiko für Umweltbeeinträchtigungen.	Geringes Gefährdungspotenzial, geringes Risiko.

Gemini Notebook

Realitätsabgleich: Die Komplexität erneuerbarer Träger am Beispiel Bioenergie

S

- Vorhandene Erfahrung im Pflanzenbau & Tierzucht.
- Direkte Verfügbarkeit von Maschinen und Lagerinfrastruktur in der Landwirtschaft.

W

- Begrenzte Anbauflächen und Restriktionen bei der Fruchtfolge.
- Erfahrungsdefizite bei Energietechnik und Behörden-Genehmigungen.

O

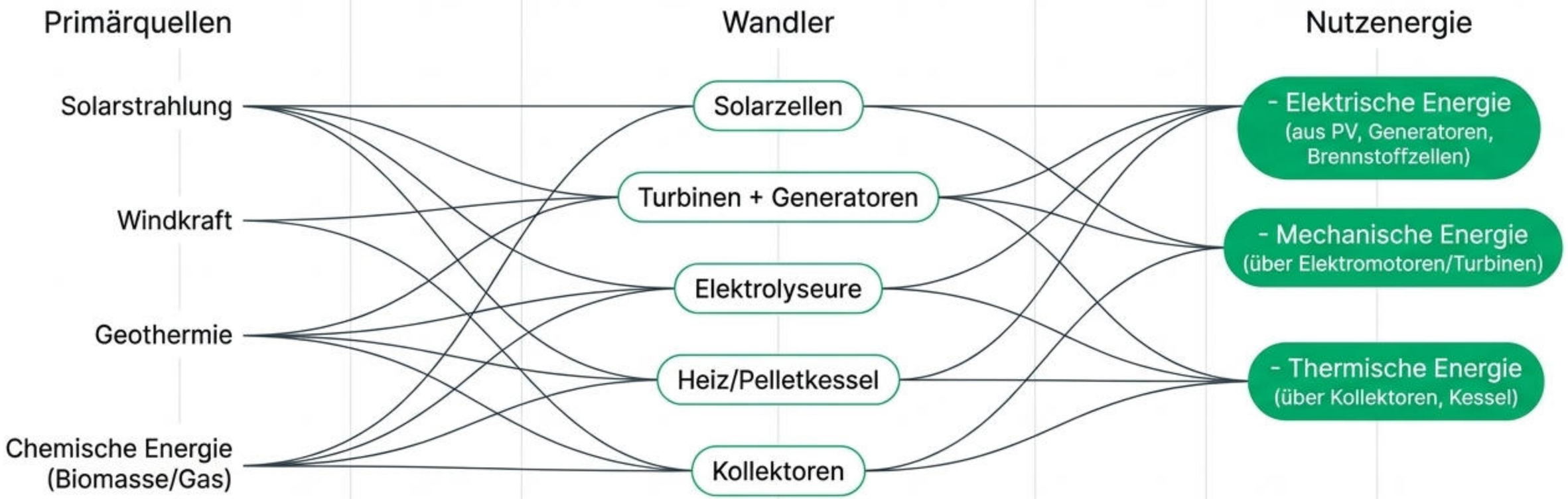
- Wachsende Marktnachfrage und positives Image.
- Günstige Rahmenbedingungen (Förderungen, Preise).

T

- Subventionsabbau und schwankende regulatorische Vorgaben.
- "Tank-Teller-Diskussion" und sinkende Akzeptanz der Öffentlichkeit (Geruch, Verkehr).

Gemini Notebook

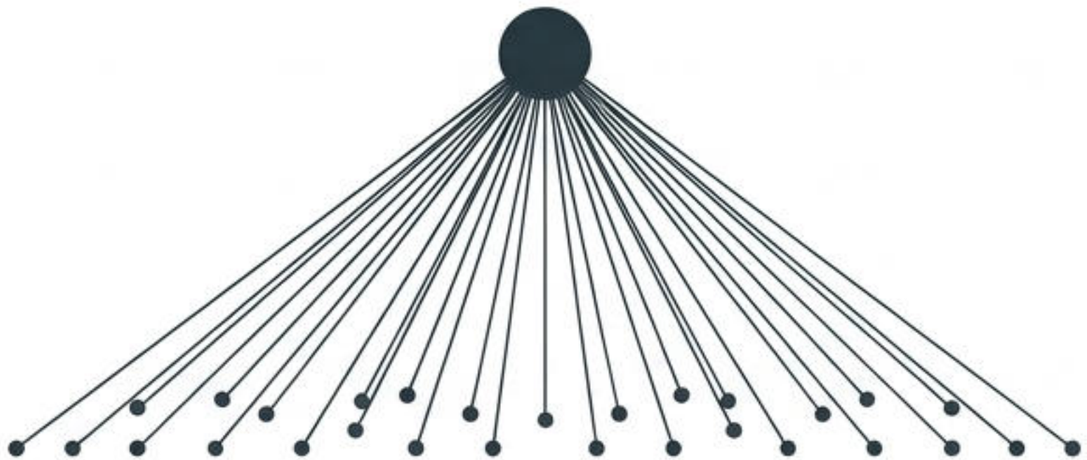
Das Alphabet der Energiewandlung: Von der Quelle zur Nutzung



Das Fundament: Nahezu alle Energieträger (außer Geothermie, Gezeiten und Nuklearkraft) basieren fundamental auf solarer Strahlungsenergie.

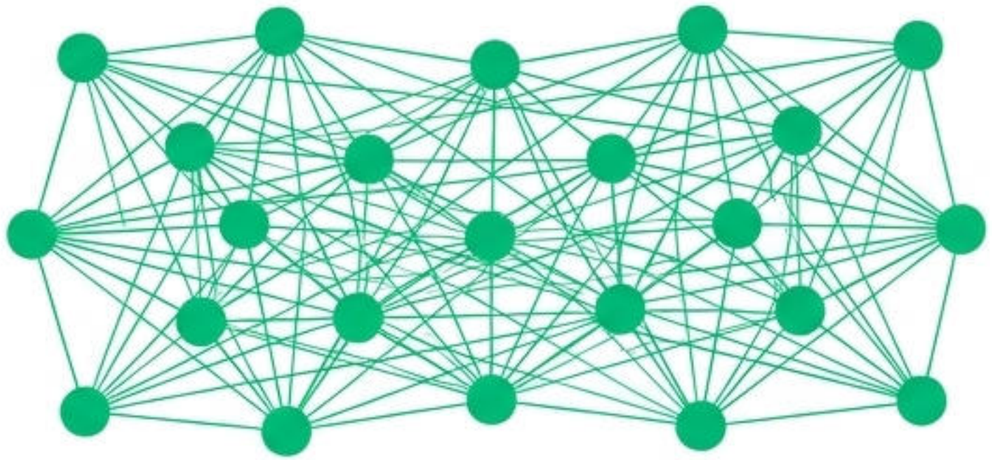
Gemini Notebook

Architektur der Versorgung: Zentral vs. Dezentral



Zentrale Versorgung

- **Charakteristik:** Unidirektionale Verteilung von Großkraftwerken zu Verbrauchern.
- **Technologien:** Kohlekraftwerke, Gas- und Dampfkraftwerke, On-/Offshore-Windenergieparks, Nuklearkraftwerke (Auslaufmodell in DE).



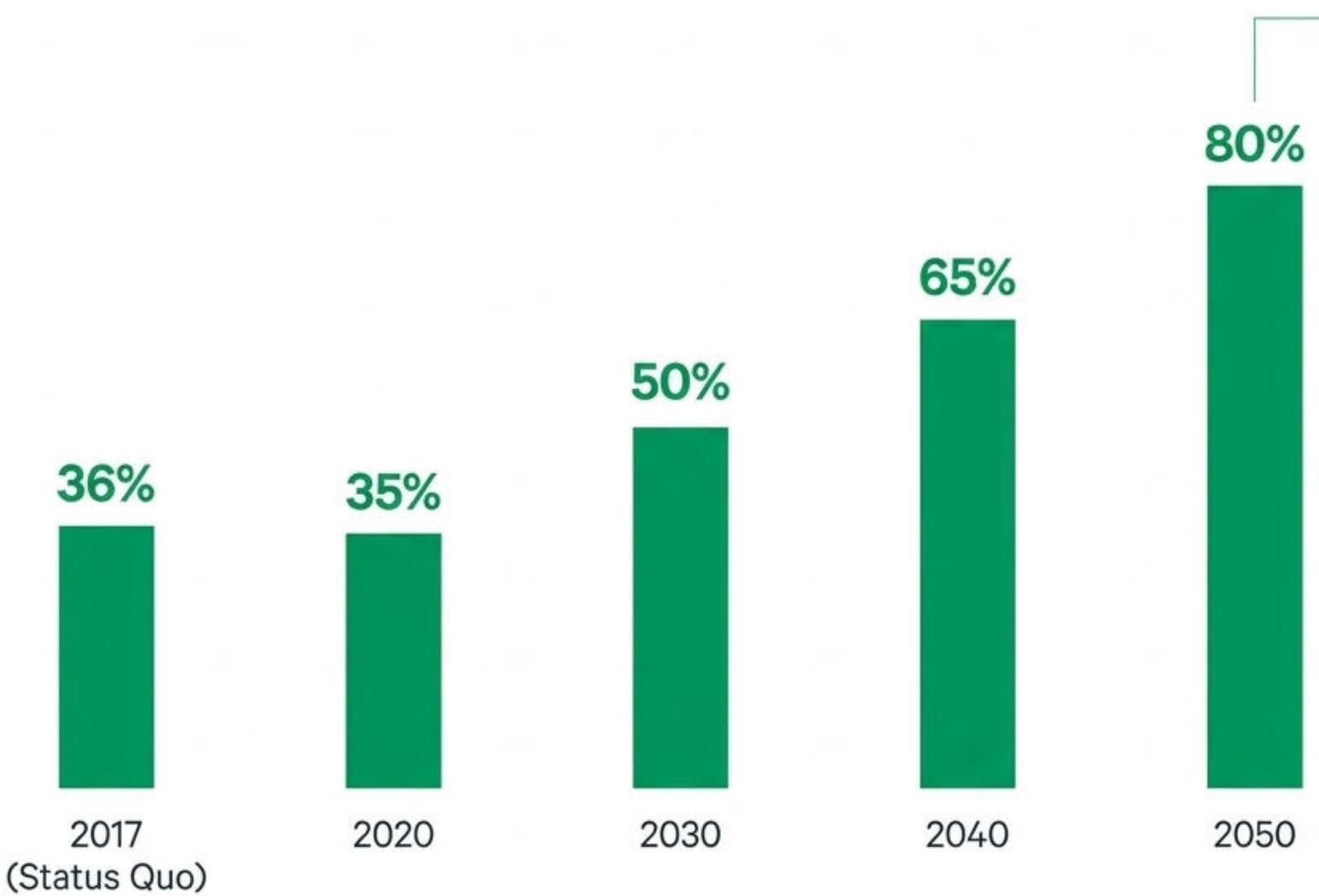
Dezentrale Versorgung

- **Charakteristik:** "Energie in der Fläche für die Fläche" – Produktion nahe am Verbraucher.
- **Technologien:** Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), Photovoltaik, Geothermie, Solarthermie.

Insight: Die Netzinfrastrukturen (Strom, Wärme, Gas) wachsen durch Sektorenkopplung zunehmend zusammen, anstatt isoliert betrieben zu werden.

Gemini Notebook

Das Zielbild: EEG-Roadmap zur Dekarbonisierung des Stroms



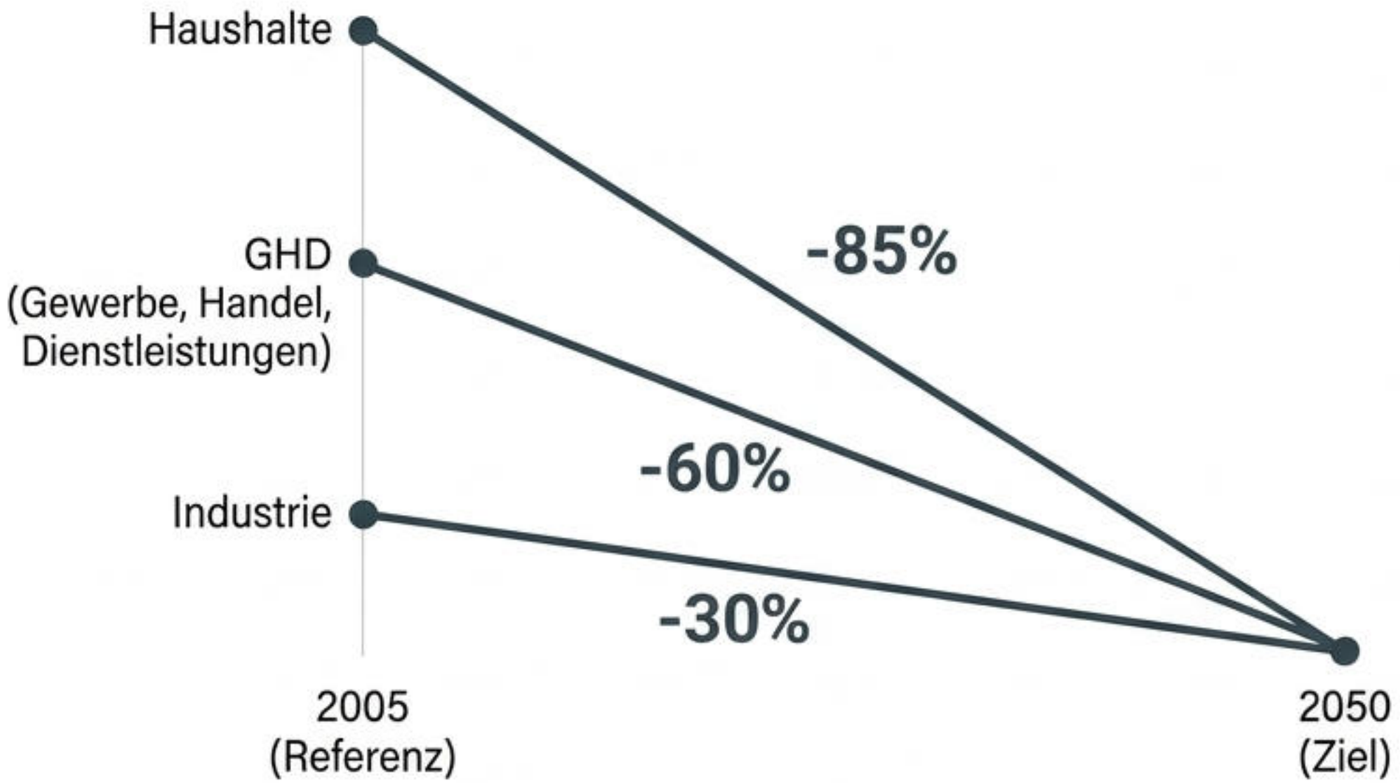
80% Anteil Erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch bis 2050.

Das theoretische Potenzial durch Zubau erneuerbarer Energien in DE wird auf 705 TWh (2.538 PJ) geschätzt – getragen primär von Wind (1.296 PJ) und Photovoltaik (892 PJ).

Gemini Notebook

Die doppelte Herausforderung: Ausbau allein reicht nicht

Um die Lücke zu schließen, muss der Gesamt-Endenergiebedarf radikal sinken – maßgeblich getrieben durch effizientere Wärmenutzung.



⚠ **Der blinde Fleck der Prognosen:**
Der Verkehrssektor weicht massiv von den Prognosen ab.
Studien planten eine Reduktion auf 897 PJ bis 2050. Die Realität 2019 lag jedoch mit 2.770 PJ exakt auf dem Niveau von 2010.
Minderungspotenziale sind hier kurzfristig nicht hebbar.

Gemini Notebook

Grüner Wasserstoff: Der “Heilige Gral” der letzten Dekarbonisierungs-Meile

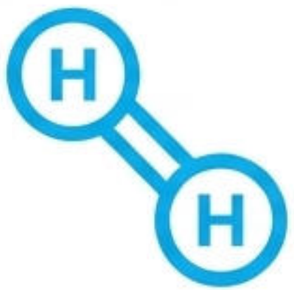
Notwendig für Sektoren, die nicht direkt elektrifizierbar sind.
Führt zur Neugestaltung geopolitischer Beziehungen.

Japan

Strategie seit 2017. Aufbau einer H2-Gesellschaft (Fokus auf Import und Miniaturwelten wie Fukushima/Olympisches Dorf).

Südkorea

Roadmap 2019.
Serienfertigung von Brennstoffzellen-Fahrzeugen,
Ziel: 1200 Tankstellen bis 2045.



EU / Deutschland

Ziel der Klimaneutralität bis 2050.
Deutschland plant 10 GW Produktionskapazität bis 2040; Aufbau eines H2-Hubs mit Spanien (Import aus Nord-Afrika).

Australien

Nationale Strategie 2019.
Positionierung als globaler Exporteur Richtung Asien.

Gemini Notebook

Die neue Geopolitik der Energie: 5 Archetypen des Wasserstoff-Marktes



Gemini Notebook

Der Masterplan: Globale Transformation für das 2°C-Ziel (IRENA)

Die globale CO2-Menge muss auf 9,7 Gt/a reduziert werden.

Säule 1: Elektrifizierung des Stroms

- **Status (2015):** 24% EE (Ausstoß: 12,4 Gt).
- **Ziel:** 85% EE (Ausstoß: 1,9 Gt).
- **Maßnahmen:** Massive Integration von Wind/Solar, Kohleausstieg.

Säule 2: Effizienz in Gebäuden & Wärme

- **Status (2015):** 36% EE (Ausstoß: 2,8 Gt).
- **Ziel:** 77% EE (Ausstoß: 0,8 Gt).
- **Maßnahmen:** Reduktion des Bedarfs, Integration von Solarthermie und Biomasse.

Säule 3: Molekulare Wende (Verkehr & Industrie)

- **Verkehr:** Erhöhung von 4% auf 58% EE (Reduktion von 7,7 auf 3,2 Gt) durch E-Mobilität, H2 und Biokraftstoffe.
- **Industrie:** Erhöhung von 14% auf 63% EE (Reduktion von 9,5 auf 5,1 Gt).

Gemini Notebook

Synthese: Architektur des Systemwandels



Eine koexistente Übergangsphase.

Die Energiewende ist kein harter Schnitt. Es bedarf einer Symbiose: Erneuerbare und (abnehmend) konventionelle Träger werden das System temporär in Koexistenz stabilisieren.



Sektorenkopplung als Fundament.

Der Erfolg entscheidet sich nicht allein am Strommarkt, sondern an der intelligenten Verschmelzung von Strom-, Wärme-, Gas- und Verkehrsnetzen.



Globale Neuausrichtung.

Durch Ressourcen wie grünen Wasserstoff transformiert die Dekarbonisierung nicht nur unsere Kraftwerke, sondern verschiebt das gesamte weltweite geopolitische Machtgefüge von Kohlenstoff-Besitz zu Infrastruktur- und Ressourcen-Potenzial.







Gemini Notebook