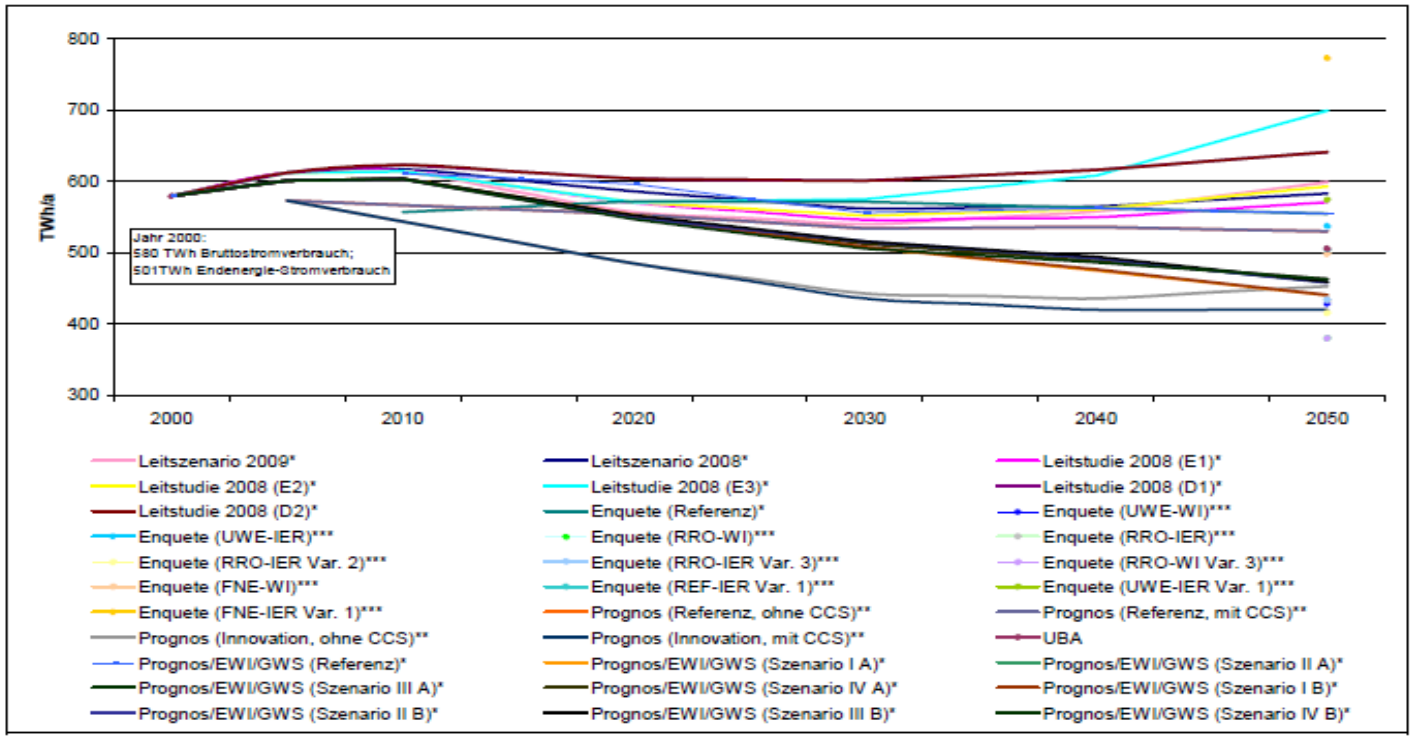
Die Zukunft der deutschen Stromversorgung

Eine aktuelle Frage der Energieversorgung

Gliederung des Vortrags

1. Einführung: Entwicklung des deutschen Energiebedarfs
2. Ökologische und gesellschaftliche Aspekte
3. Versorgungssicherheit
4. Szenarien zum Umstieg
5. Umsetzung und Empfehlungen

1. Einführung: Entwicklung des deutschen Energiebedarfs



*) Bruttostromverbrauch, **) Nettostromverbrauch, ***) Endenergie-Stromverbrauch

Quellen: Enquete-Kommission Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und Liberalisierung 2002; NITSCH 2008; NITSCH und WENZEL 2009; Öko-Institut und Prognos AG 2009; KLAUS et al. 2010; BMWi 2010b; AGEB 2009; SCHLESINGER et al. 2010; eigene Berechnungen

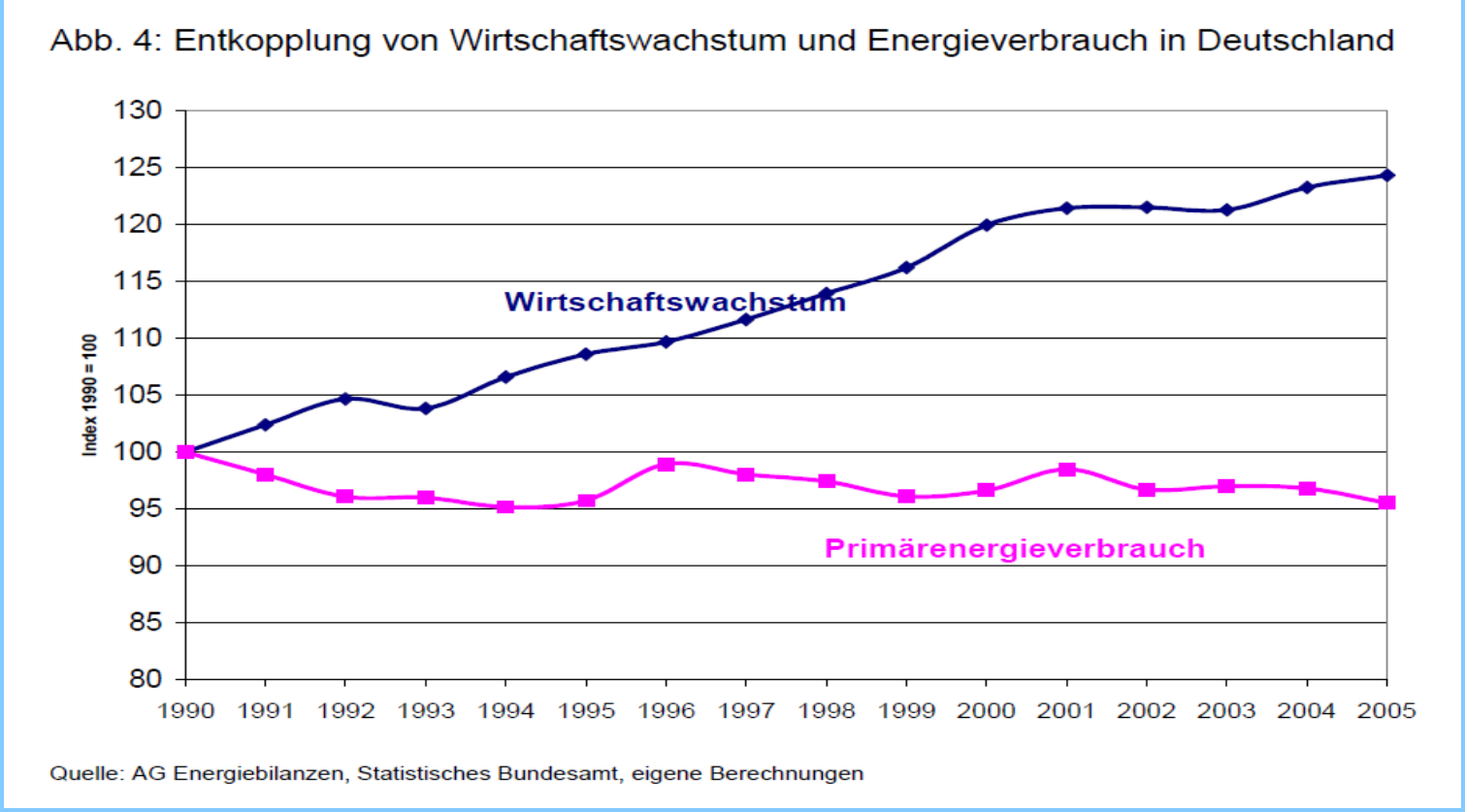
Vergleich verschiedener Prognosen des Stromverbrauchs (SRU)

Prognosen zum Strombedarf

- 2050 besteht ein ähnlich hoher Strombedarf wie heute, ca. 500-700 TWh/a (2010: 621TWh)
- Abhängigkeit von Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung sowie Ausbau der Elektromobilität
- Bei Stromversorgung bestehen die besten Möglichkeiten zur nachhaltigen Versorgung

Prognosen zum Strombedarf

Wichtige Kenngröße: Entkopplung von Wirtschaftswachstum und Stromverbrauch



Statusbericht BMU 2006

2. Ökologische und gesellschaftliche Aspekte

http://cdn.fotocommunity.com/Energietechnik/Kraftwerke/Werne-Kohlekraftwerk-a18355612.jpg

Bisher existiert keine Stromquelle ohne Umweltbelastungen:

- Kohle, Öl, Gas, Müll: Hohe Treibhausgas- und evtl. Schadstoffemissionen
- Kernkraft: Problem der Endlagerung und Reaktorsicherheit (Keine „intrinsische Sicherheit“ möglich)

badische-zeitung.de

Bisher existiert keine Stromquelle ohne Umweltbelastungen:

- Wind- und Wasserkraft: Beeinträchtigung von Landschaftsbild und Biodiversität
- Geothermie: Gefahr seismischer Aktivitäten
- Solarenergie und Biomasse:
  Hoher Flächenbedarf

http://www.planeterde.de/bildergalerie/klimaforschungsgipfel/offshore-windpark/image_preview

Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Wind Onshore

- Anlagen nicht dort, wo Vögel gefährdet werden
- Gruppierung in Windparks
- Reduktion der Beleuchtung und greller Farben
- Evtl. zeitweise Abschaltung

http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/50053/abb14.jpg

Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Wind Offshore

- Reduktion von Unterwasserlärm bei Bau und Betrieb, Bau nur in bestimmten Zeitfenstern
- Bündelung der Kabeltrassen
- Ausschließliche Wirtschaftszone 12-200 Seemeilen von Küste entfernt

http://granitegeek.org/files/offshore-wind-farm.jpg

Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Photovoltaik

- Wenn möglich auf/an Gebäuden
- Wenn auf Freiflächen, dann vermehrt auf ökologisch weniger bedeutsamen Stellen (z. B. Autobahnlärmschutzwall)

http://www.naturganznah.com/shop/out/oxbaseshop/html/0/dyn_images/1/solarenergie01_p1.jpg

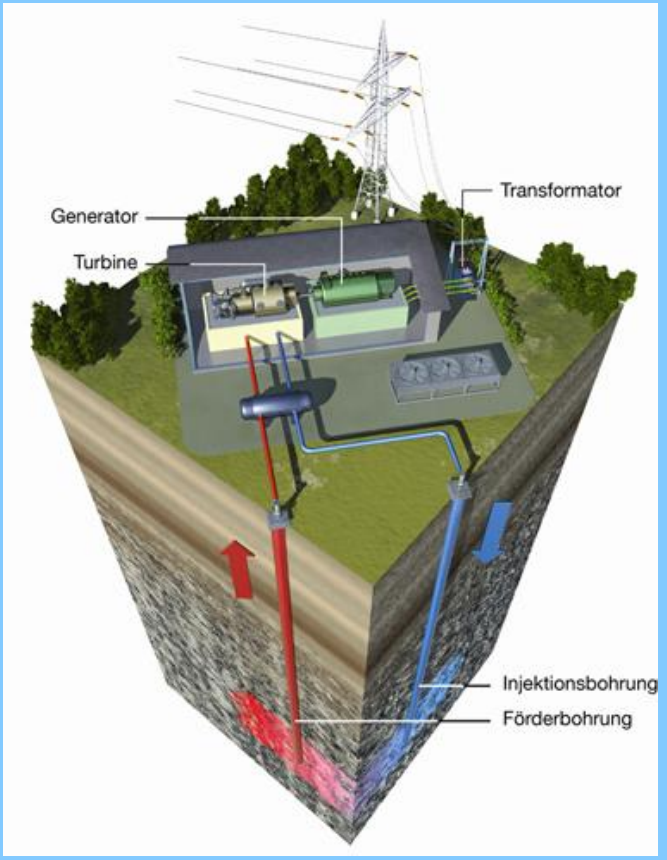
Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Photovoltaik

- Extensive Bewirtschaftung der Zwischenräume
- Reduktion der Schadstoffemissionen und schonender Rückbau

http://www.naturganznah.com/shop/out/oxbaseshop/html/0/dyn_images/1/solarenergie01_p1.jpg

Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Geothermie

- Ausschluss von Grundwasserverschmutzung



http://www.thyssenkrupp-vdm.com/uploads/pics/2696_Geothermiekraftwerk.jpg

Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Biomasse

- Verwendung von Reststoffen
- Vermehrter Anbau in extensiver Bewirtschaftung
- Kraft-Wärme-Kopplung

http://ucy-energy.com/Dateien/Bilder%20erneuerbare%20Energien/biogasanlage.jpg

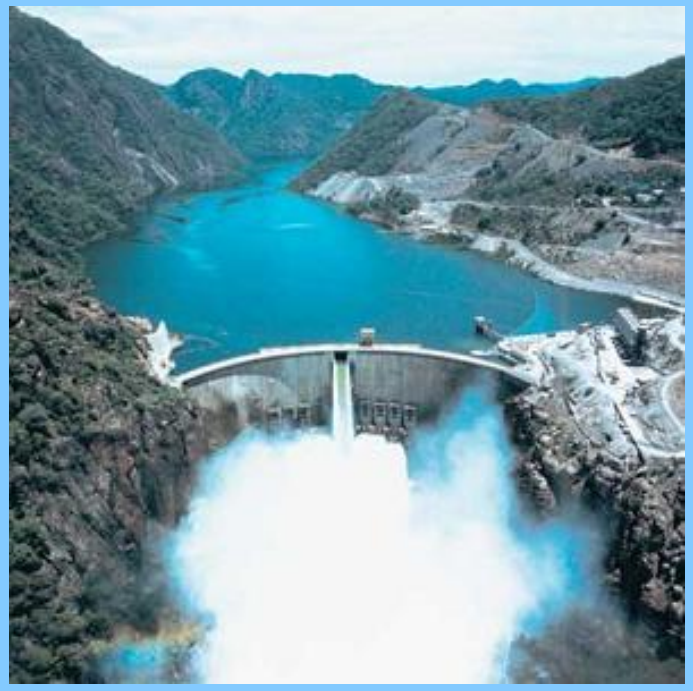
Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Biomasse

- Vermeidung von Methan- und Ammoniakemissionen
- Einheitliche Verfahren

http://ucy-energy.com/Dateien/Bilder%20erneuerbare%20Energien/biogasanlage.jpg

Empfehlungen zur ökologischen Umsetzung einzelner Technologien: Wasserkraft

- Praktisch kein Neubau
- Ökologische Ausgestaltung: Mindestwasserdurchfluss, Schaffung von Lebensräumen (Auwälder)



http://www.heise.de/tp/artikel/20/20578/20578_1.jpg

Gesellschaftliche Aspekte

http://www.donaukurier.de/storage/scl/newsticker/neuburg/

- Mittlerweile wird 0,6% des BIP im EE-Sektor erwirtschaftet
- Auch international immer mehr Verbreitung, z. B. auch der Einspeisevergütung
- Gute Exportmöglichkeiten für Deutschland

Gesellschaftliche Aspekte

http://www.donaukurier.de/storage/scl/newsticker/neuburg/

- Heutige Investitionen haben sehr langreichweitige Auswirkungen (Entscheidung EE vs. Grundlastorientierung)
- Umsetzung stark politikabhängig, in Deutschland ist Energiepolitik Konfliktfeld

3. Versorgungssicherheit

Voraussichtliche Reichweite fossiler Energieträger:

- Erdöl: ca. 40 Jahre
- Erdgas: ca. 70 Jahre
- Kohle: ca. 170 Jahre
- Uran: ca. 40 Jahre

(Zahlen könnten noch steigen)

3. Versorgungssicherheit

Regenerative Energien versorgen dezentral aus nach unseren Maßstäben unendlichen Quellen

Aber: Versorgungsprobleme regenerativer Energieträger:

- Wetterbedingte Schwankungen der Windgeschwindigkeit und Sonnenstrahlung
- Zur Herstellung bspw. von Photovoltaik werden seltene Ressourcen benötigt.

3. Versorgungssicherheit

Weitere Argumente für regenerative Energien:

- starke Importabhängigkeit (momentan über 70% der Primärenergie)
- evtl. in Zukunft weniger Bedarfsspitzen durch intelligent geregelte Steuerung von Kraftwerken und Bedarf sowie großem Stromverbund

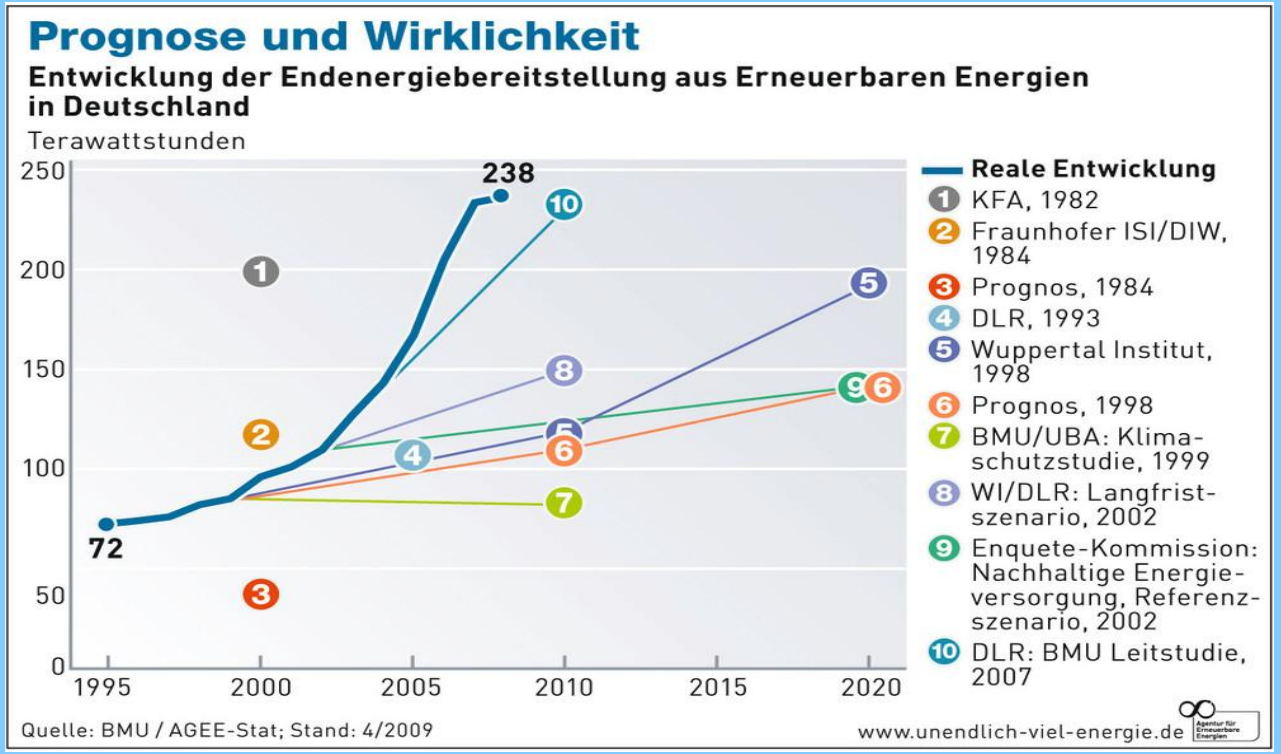
Möglichkeiten der Stromspeicherung

- Pumpspeicherkraftwerke (WG 80%)
- Druckluftspeicher (WG 55%, bis zu 70% möglich)
- Wasserstoff (WG 44%, aber hohe Energiedichte)

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/09/Walchenseekraftwerk-2jpg.jpg

4. Der Sachverständigenrat für Umweltfragen sagt: Ein Umstieg bis 2050 ist möglich!

Bisher wurde das Potenzial der erneuerbaren Energien meist unterschätzt:

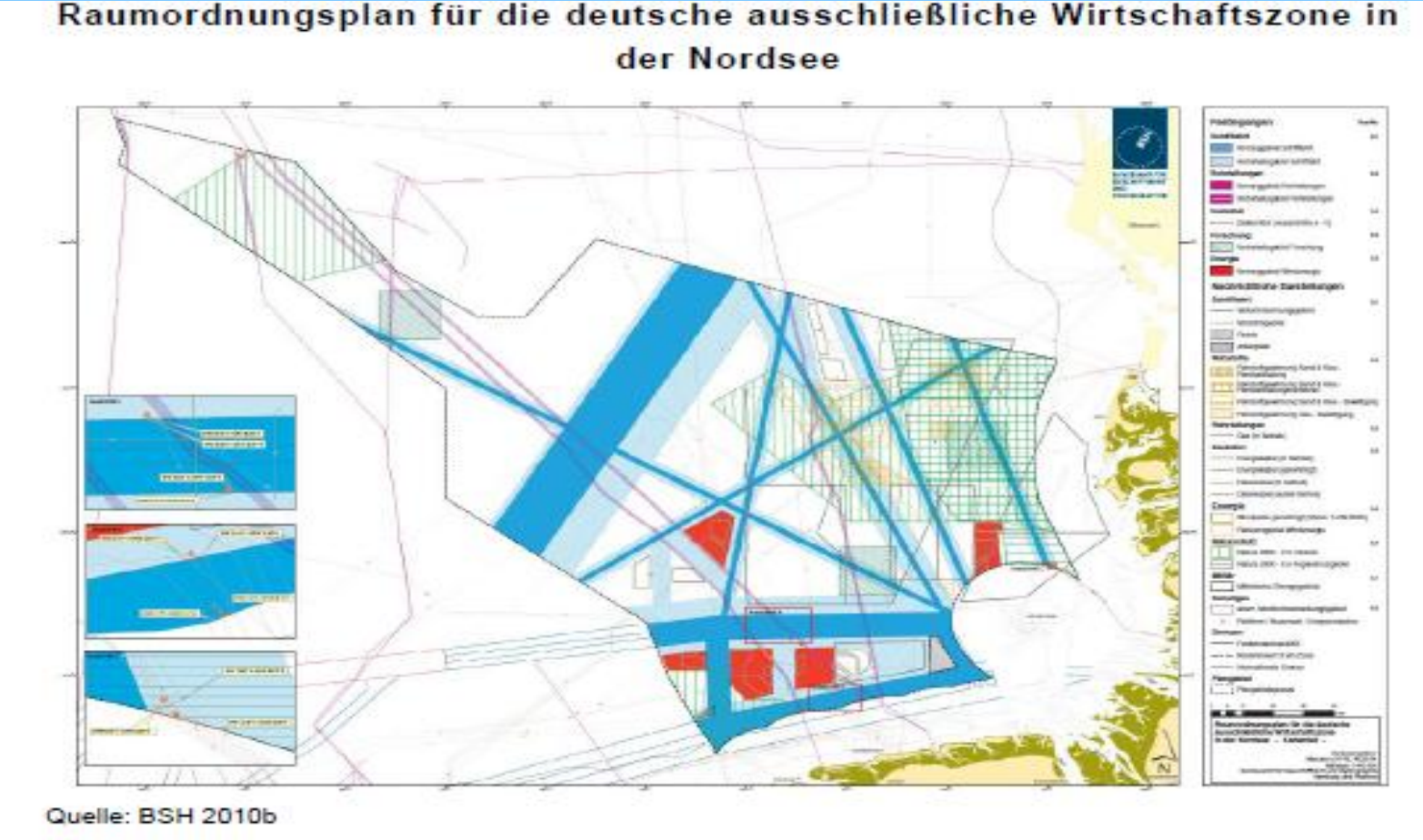


Verschiedene Prognosen zur Entwicklung der EE (SRU)

Wo können überall Anlagen gebaut werden?

- Generell nicht in Naturschutzgebieten
- Windenergie: Abhängig von Windgeschwindigkeiten, bei Offshoreanlagen auch von der Wassertiefe und Abstand zur Küste
- Solarparks: Nur bis 2,1% Steigung

Wo können überall Anlagen gebaut werden?



Raumordnungsplan für die Nordsee (SRU)

Wo können überall Anlagen gebaut werden?

- Geothermie: Abhängig von der Temperatur in 2-5 km Tiefe
- Gesamtpotential laut Studie 829TW/a, davon 621TW/a bei Grenzkosten von 10ct/kWh (2050) erschließbar

In der Studie behandelte Szenarien

Generell je 2 Szenarien mit 509 bzw. 700 TWh/a

- Deutschland komplett autark
- Im Verbund mit N und DK, nur Zwischenspeicherung der Energie
- Im Verbund mit N und DK, bis zu 15% Import
- Europa und Nordafrika als Energieverbund, bis zu 15% Import erlaubt

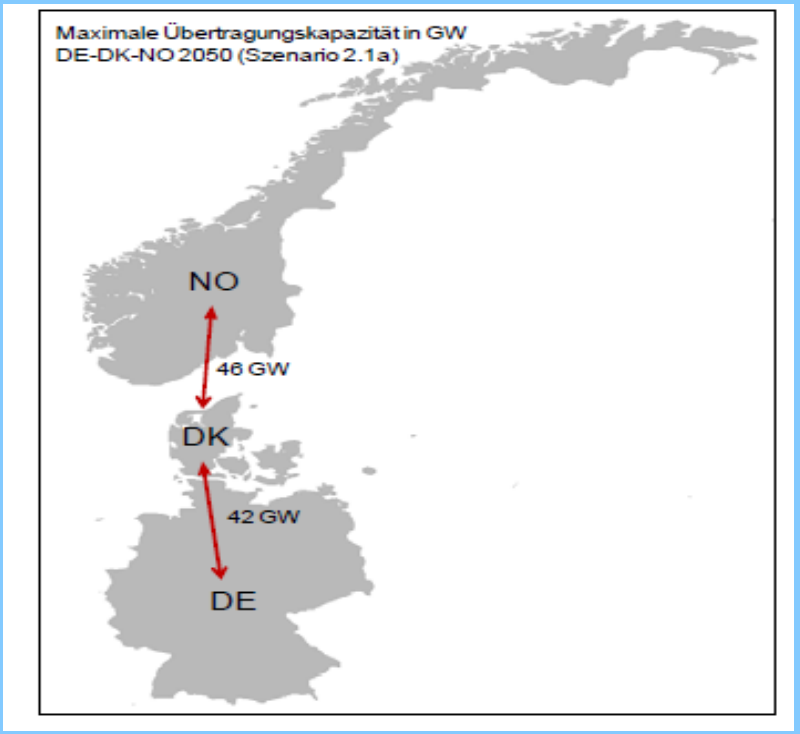
Unsicherheiten

- Entwicklung des Energieverbrauchs angesichts der Elektromobilität und Heizungen aber auch erhöhter Effizienz
- Kostenentwicklung der Anlagen

http://www.spirofrog.de/blog/bilder/elektroauto.jpg

5. Ergebnisse

- Stromversorgung prinzipiell möglich, auch im ambitioniertesten Szenario, dann aber teuer
- Kooperation mit N und DK verringert die Kosten deutlich
- Möglichkeit des Stromimports erlaubt mehr Windenergie, also weitere Kostenersparnis

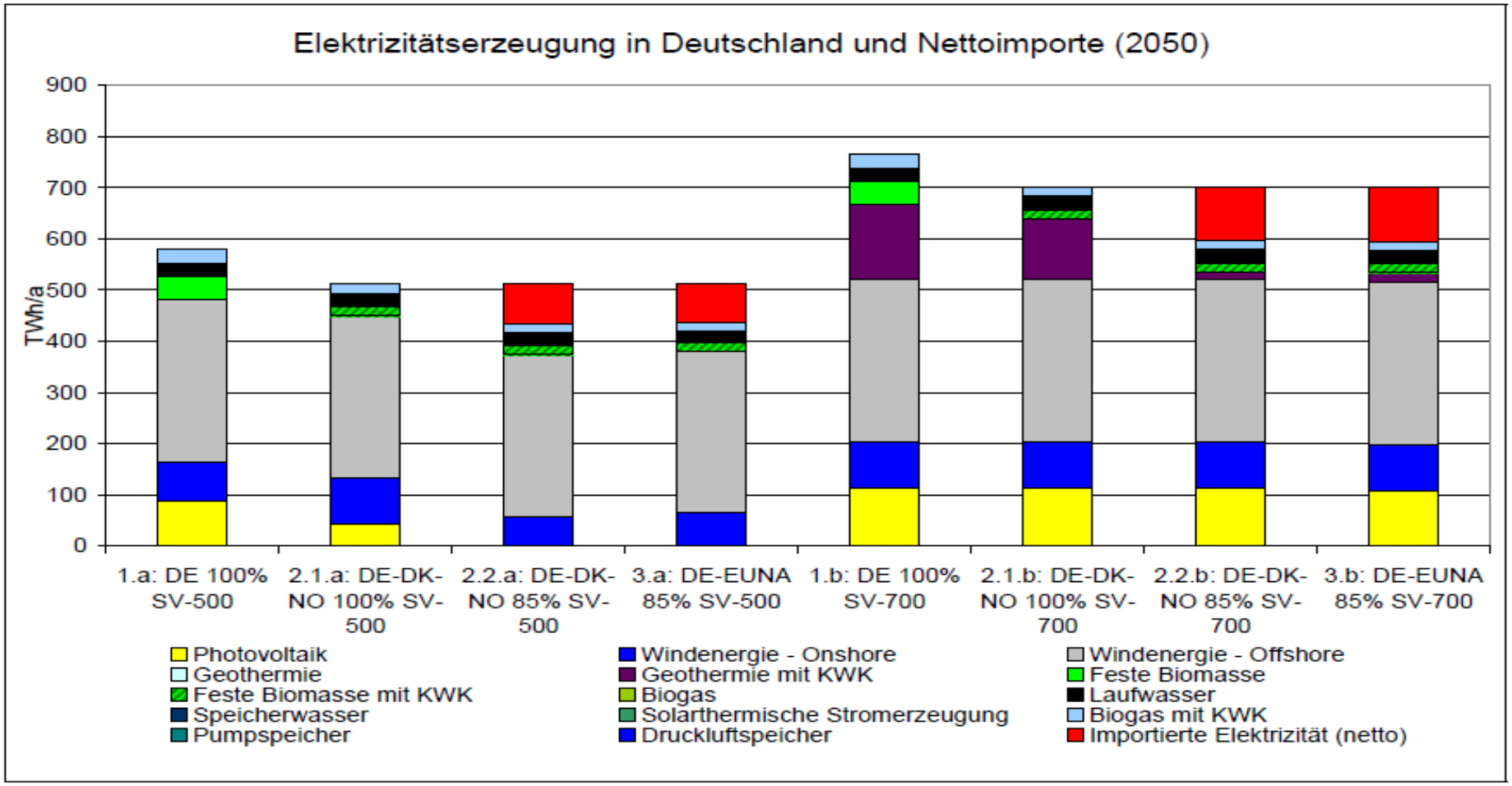


Leitungsbedarf (SRU)

5. Ergebnisse

- Gesamteuropäischer Verbund mit Nordafrika erhöht Nachfrage nach Speicherkapazitäten, also etwas teurer
- Prinzipiell sind EE langfristig günstiger als konventionelle Stromerzeugung

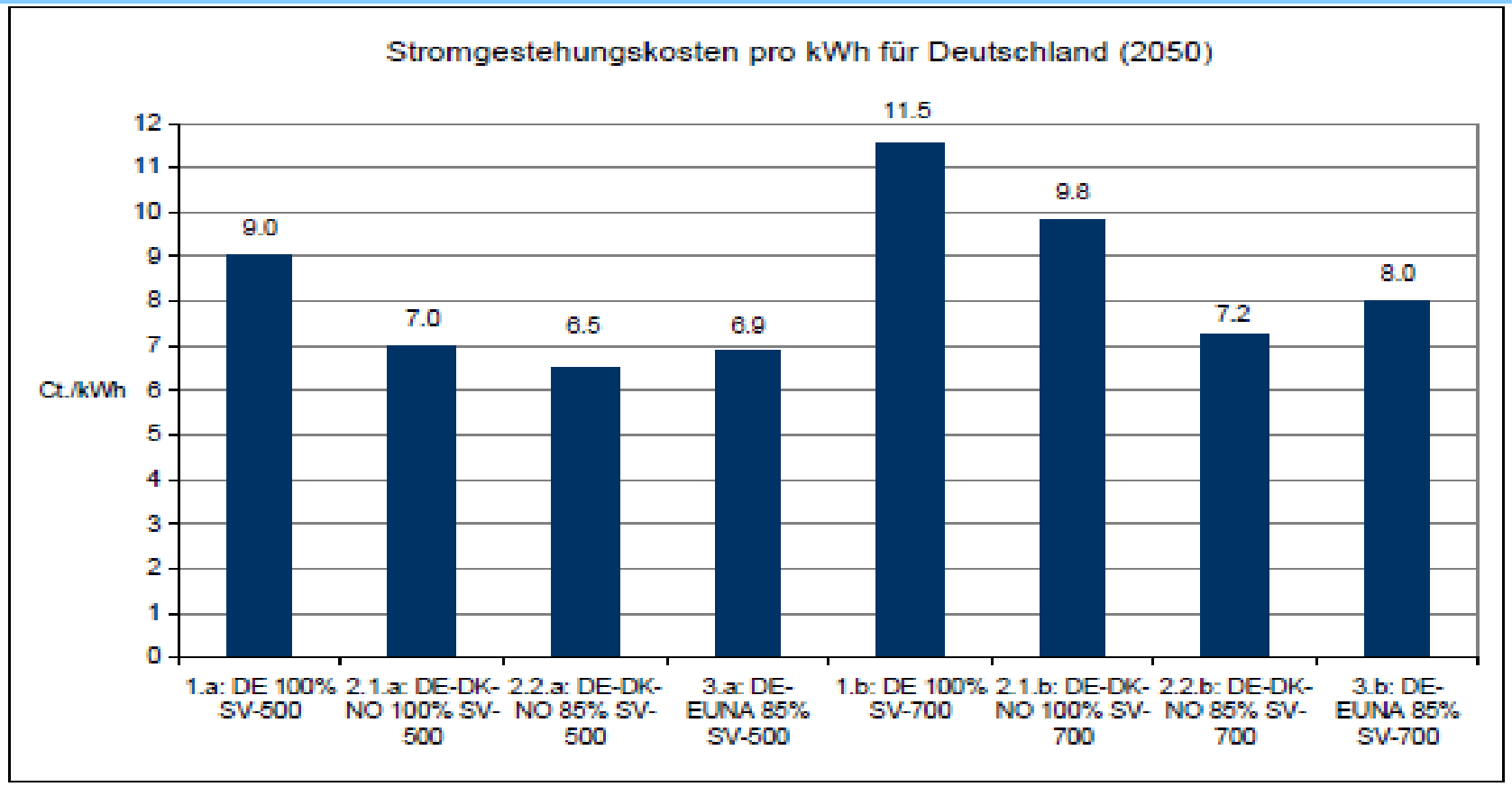
5. Ergebnisse



DE = Deutschland, DK = Dänemark, NO = Norwegen, EUNA = Europa und Region Nordafrika (Anteile der Landflächen Algeriens, Marokkos, Tunesiens, Libyens, Ägyptens), SV = Selbstversorgung

Energiemix in verschiedenen Szenarios (SRU)

5. Ergebnisse



DE = Deutschland, DK = Dänemark, NO = Norwegen, EUNA = Europa und Region Nordafrika (Anteile der Landflächen Algeriens, Marokkos, Tunesiens, Libyens, Ägyptens), SV = Selbstversorgung

SRU/SG 2011-1/Abb. 3-29; Datenquelle: DLR 2010b

Stromkosten der verschiedenen Szenarios (SRU)

Empfehlungen des SRU

- Aufbau der Kooperation mit Norwegen, da dort hohe Speicherkapazitäten sind und der Alpenraum auch von anderen Ländern genutzt wird (F, I, A, CH, …)
- Ausbau des Leitungsnetzes dringend erforderlich (Nord-Süd), es drohen Engpässe!
- Neue Leitungstechniken: bis zu 800kV oder 16,7Hz

Empfehlungen des SRU

- Keine Laufzeitverlängerungen für KKW, da ab ca. 2020 kein Bedarf mehr für Grundlastkraftwerke besteht, nur noch Mittel- und Spitzenlast
- Viel Wind, wenig Biomasse

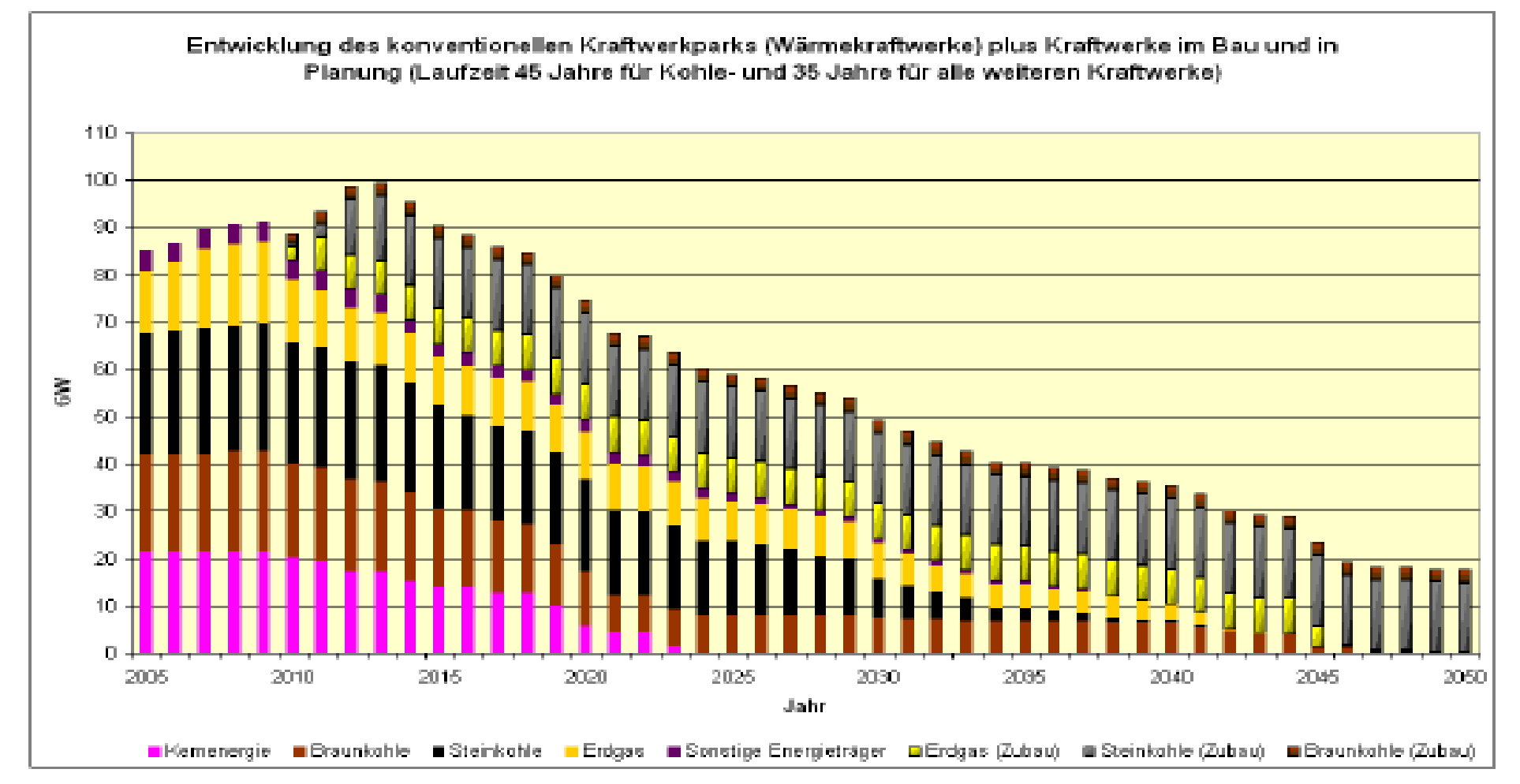
Empfehlungen des SRU

- Energiesparen und Effizienz bringt erhebliche Einsparungen durch geringere Grenzkosten
- Schärfere Produktrichtlinien
- Verbindliche Stromsparrichtlinien, z. B. Stromkundenkonto

Zeitplan/Umsetzung

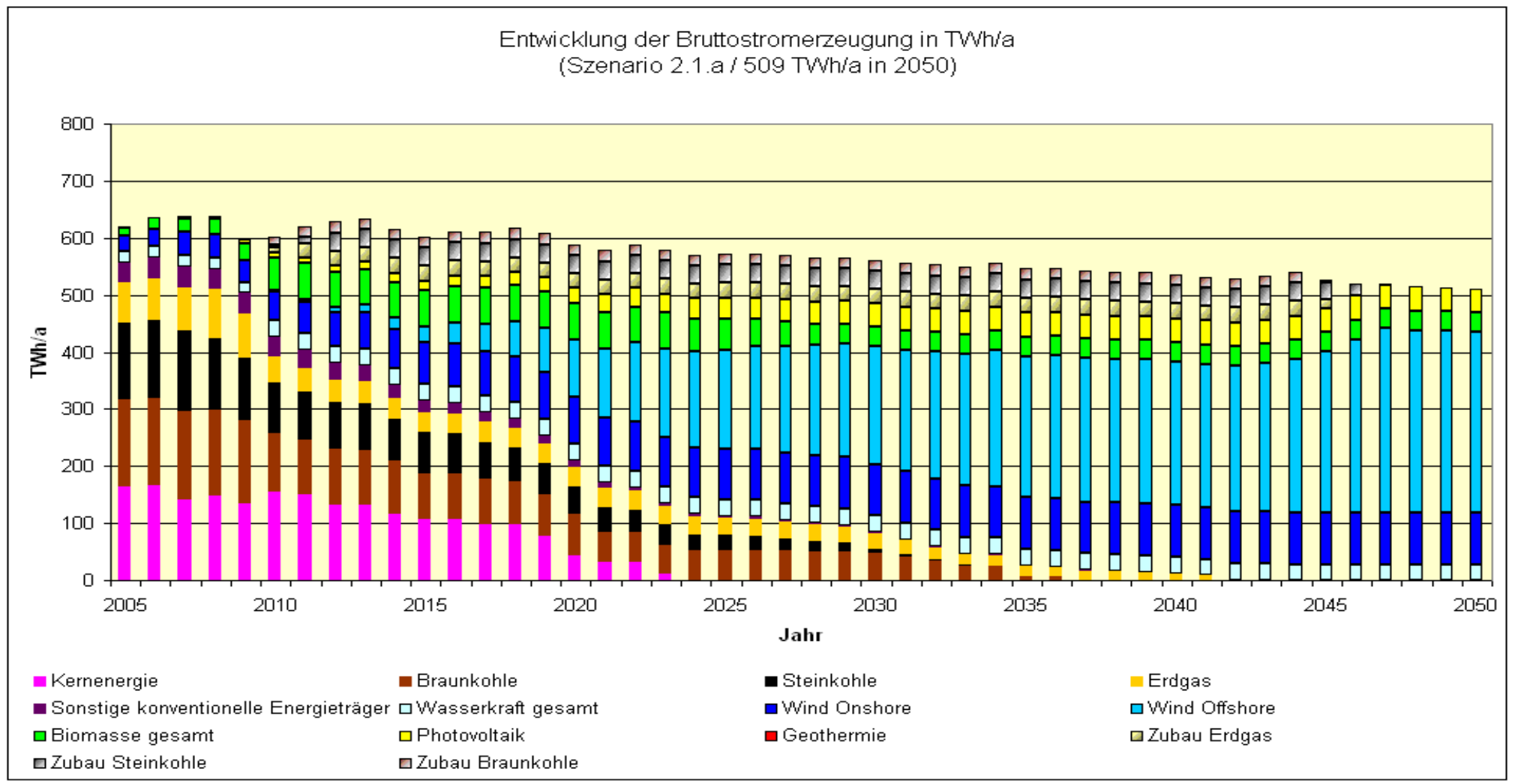
- Bis 2018 noch konventionelle Kraftwerke mit insg. 34GW in Planung/im Bau
- Im Modell wird mit 35 Laufzeit gerechnet, in Realität bis zu 50 Jahre
- Nicht in jedem Jahr gehen gleich viele alte Kraftwerke vom Netz, aber gleichmäßiger EE-Ausbau

Zeitplan/Umsetzung: Ohne EE



Entwicklung des konventionellen Kraftwerkparks (Wärmekraftwerke) plus Kraftwerke im Bau und in Planung (Laufzeit 45 Jahre für Kohle- und 35 Jahre für alle weiteren Kraftwerke) (SRU)

Zeitplan/Umsetzung: mit EE



Energiemix der Bruttostromerzeugung nach SRU-Studie

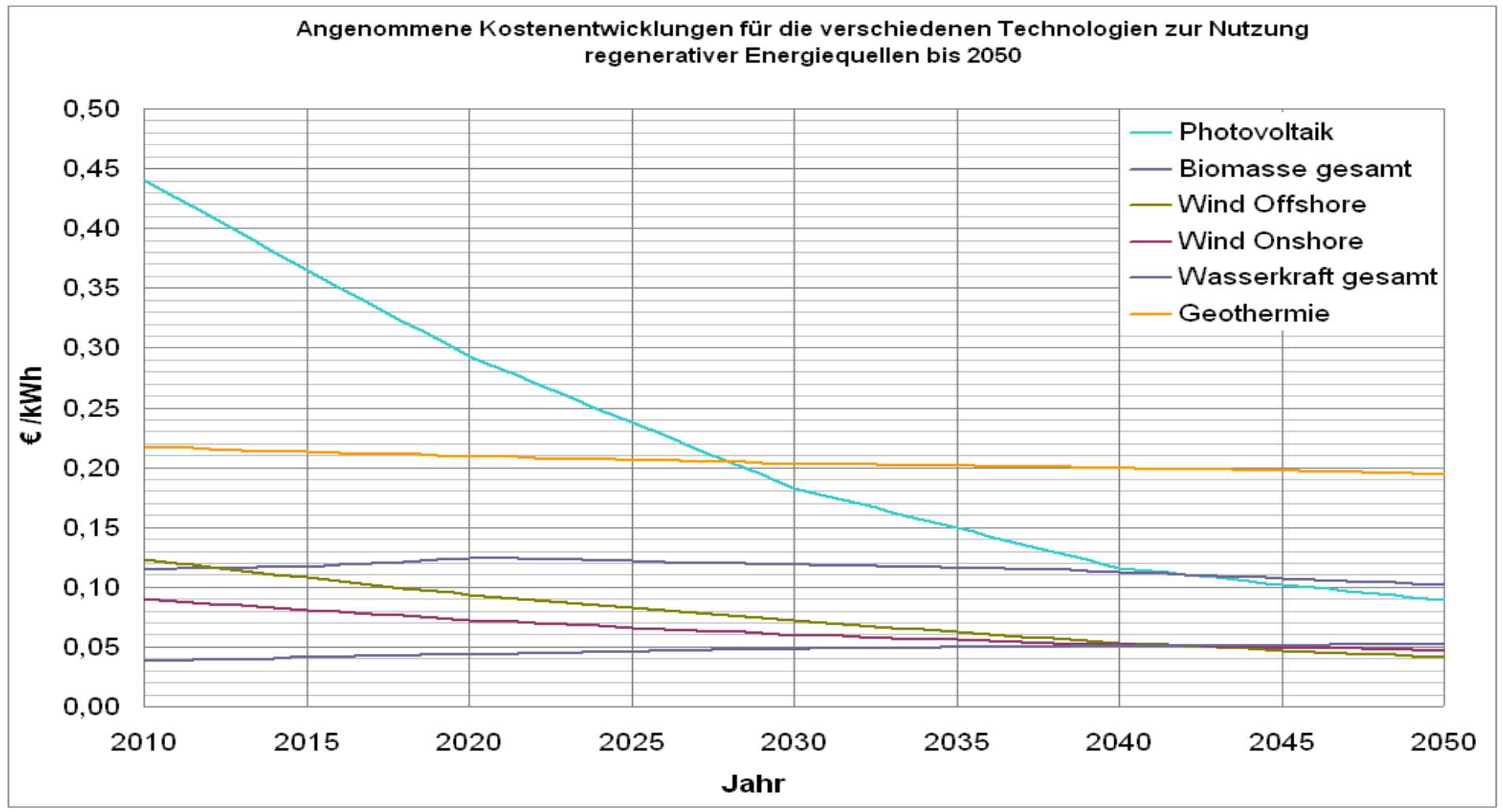
Zeitplan/Umsetzung

- Onshore-Wind bis 2025 ausgebaut, Offshore bis 2047
- Biomasseanteil nimmt ab 2020 wieder ab
- Keine außergewöhnlichen Ausbauraten notwendig
- Ausbau der Stromleitungen nach Norwegen

Kosten

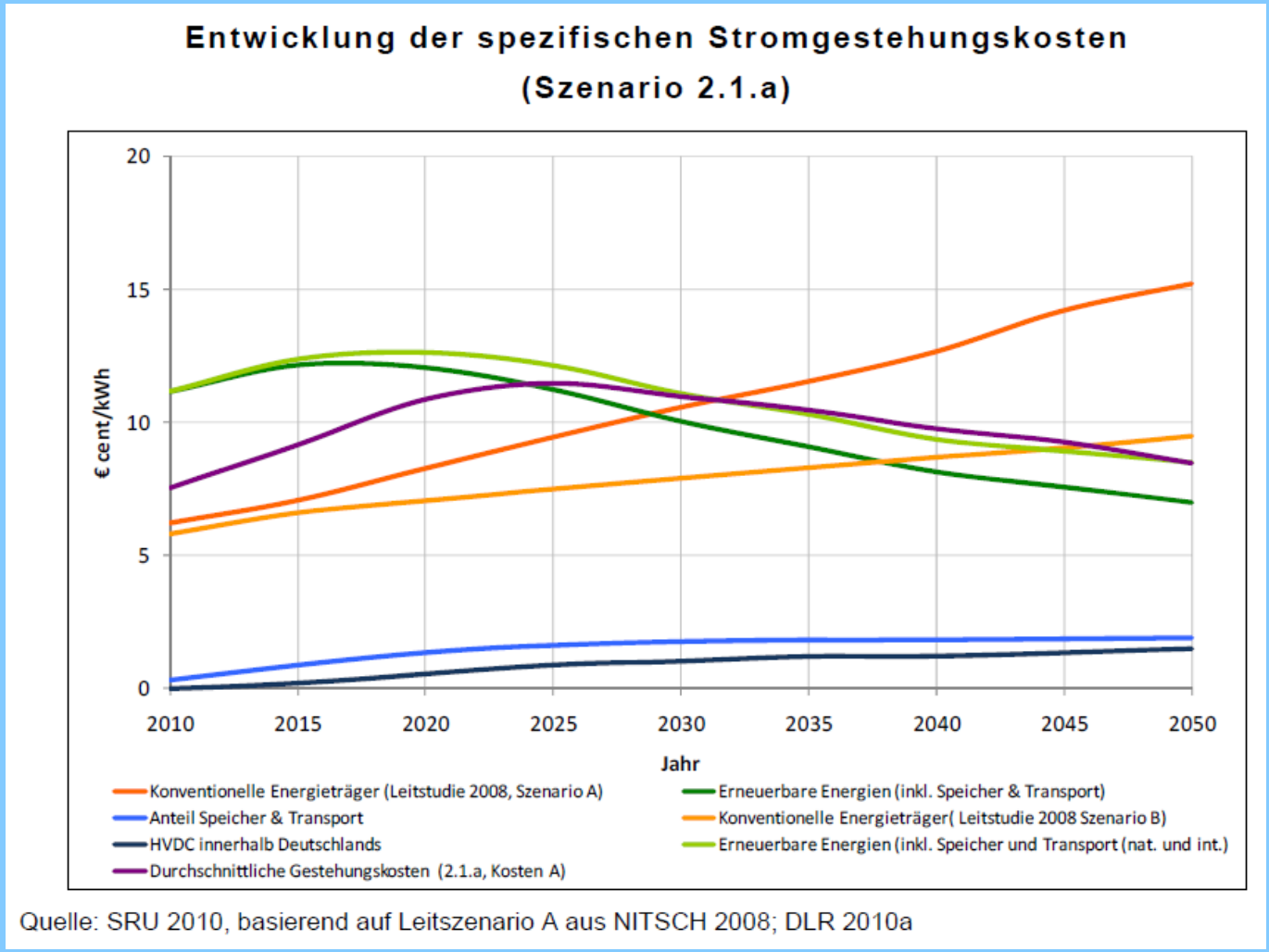
- Maximale Investitionen 43 Mrd. € im Jahr 2024
- Stromkosten bis 2030 etwa 2-3 ct/kWh höher, danach günstiger als konventionelle Stromerzeugung

Kosten



Kostenprognose für verschiedene Technologien

Kosten



Entwicklung des Stromgestehungskosten (SRU)

Ausblick: Was passiert mit der Kernfusion?

http://www.ipp.mpg.de/ippcms/de/presse/pi/images/11_07.jpg