

**„Power to Gas“ -
Die Bedeutung speicherbarer Energieträger für eine
erfolgreiche Umsetzung der Energiewende**

**Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft;
Fakultät für Elektro- und Informationstechnik**

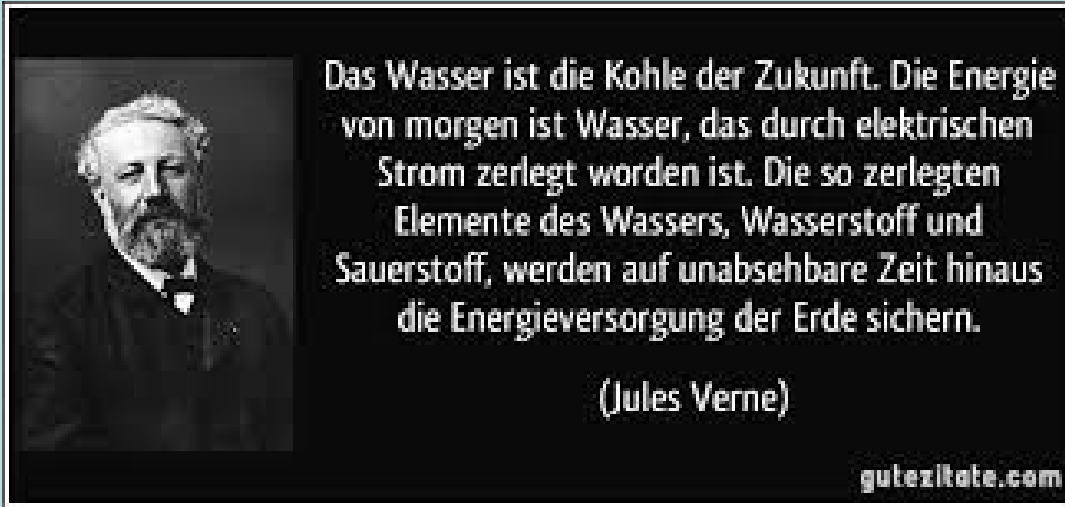
Seminar Erneuerbare Energien

Karlsruhe, 16. März 2016

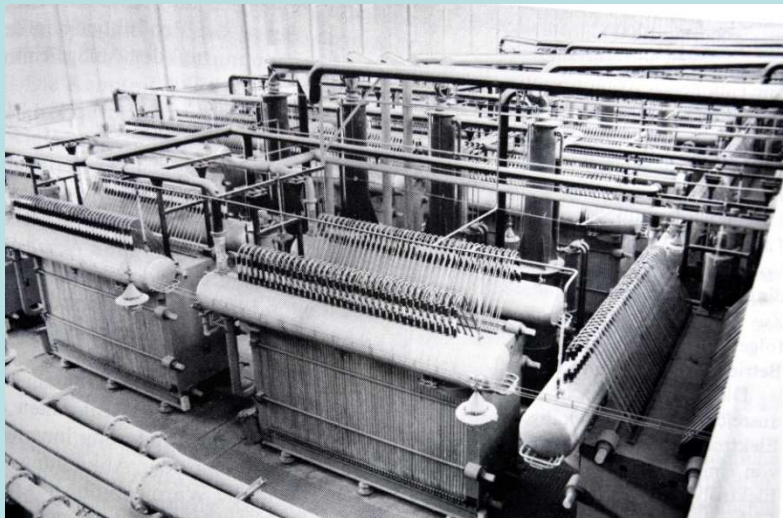
Dr. Joachim Nitsch

„Power to Gas“

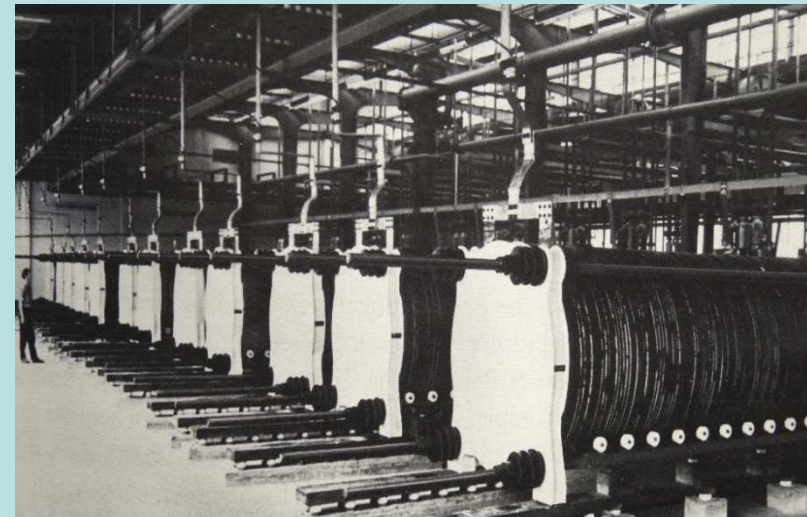
- eine alte Idee für eine erfolgreiche
Energiewende jedoch von großer Bedeutung



**Zitat aus dem Roman:
„Die geheimnisvolle Insel“
aus dem Jahr 1870**



Elektrolyseanlage am Assuan-Staudamm; um 1980
Werkphoto: BBC



Wasserstoffherzeugung ($30\,000\text{ m}^3/\text{h} = 150\text{ MW}_{\text{el}}$) am
Ghomfjord/Norwegen (Foto: Norsk Hydro); 1970

Bereits seit Jahrzehnten wird auch die Rolle von Wasserstoff (und anderer speicherbarer Energieträger) im Rahmen einer nachhaltigen Energieversorgung untersucht und diskutiert



Eine gründliche Analyse aller Aspekte einer Wasserstoffwirtschaft; 350 Seiten; 1986



Eine bemerkenswerte Reaktion der Medien; 1987



Gegenstand parlamentarischer Beratungen; 1990



Konkrete Einführungsschritte, Febr. 2016

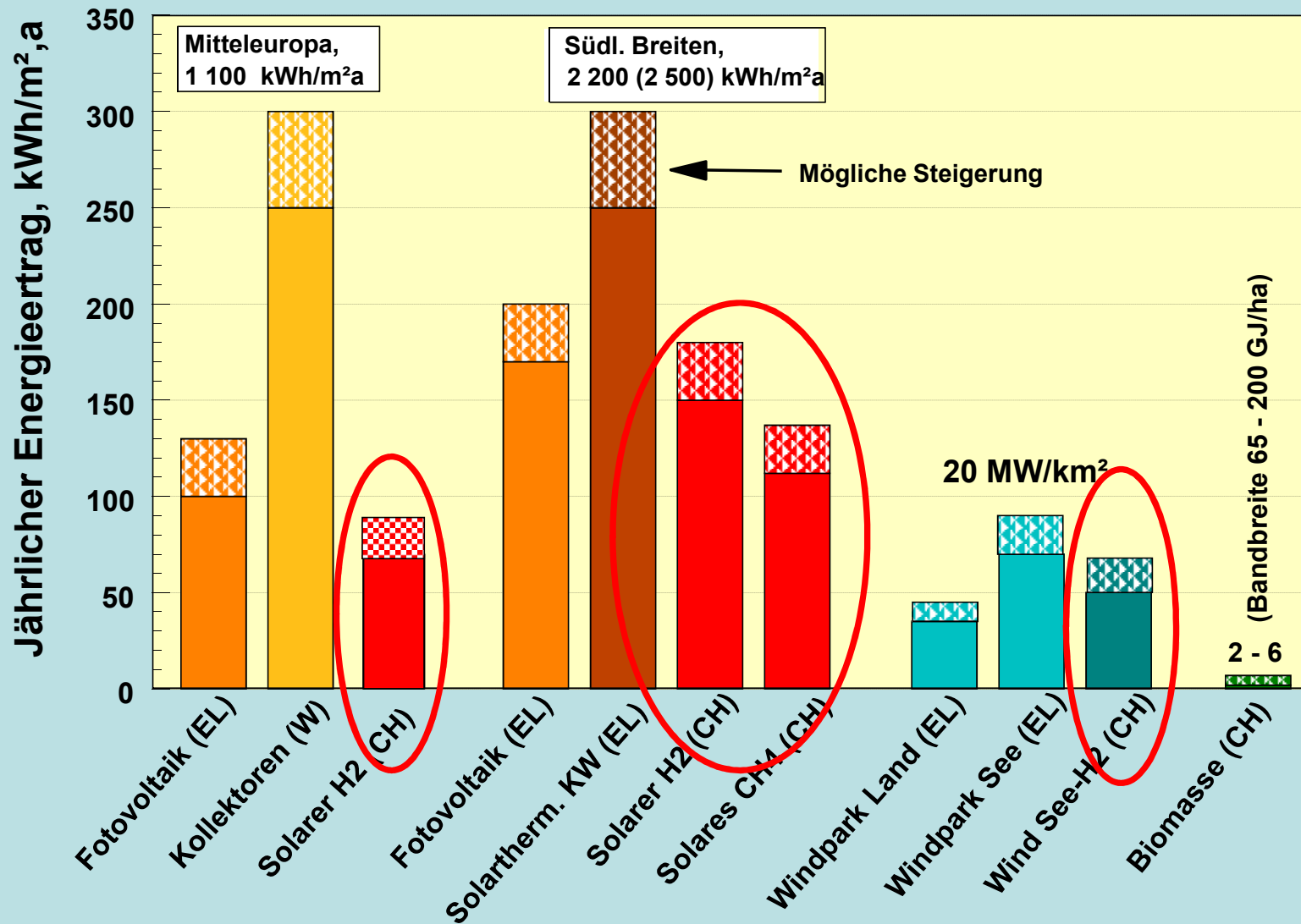
Moderne Elektrolyseure erreichen Wirkungsgrade von ~ 70% (längerfristig 75-77% möglich)



**Moderner 30 bar – Druckelektrolyseur der Firma Elektrolyse-Technik GmbH
mit einer Kapazität von 760 m³/h (~ 3,5 MW_{el}); Foto: ELT GmbH**

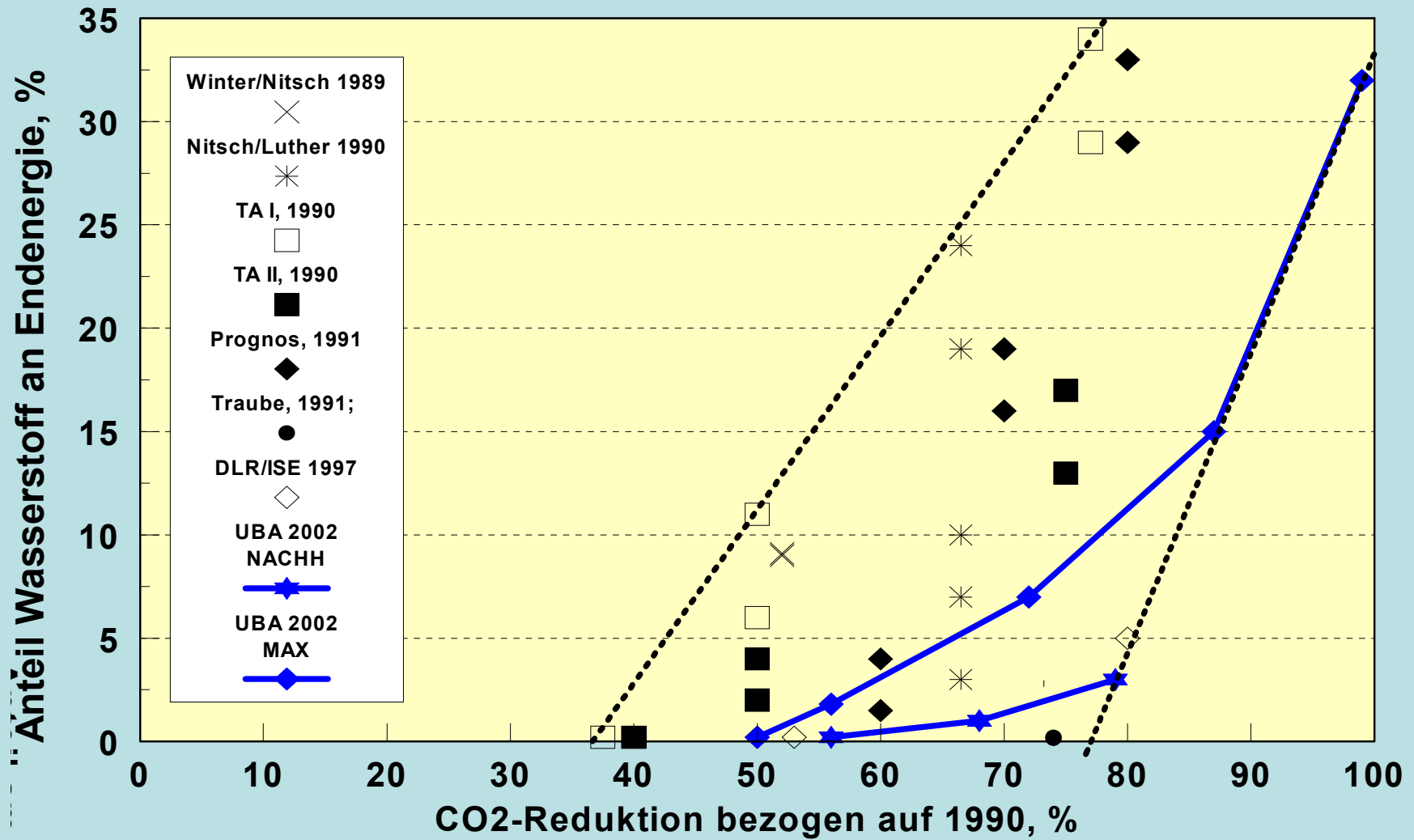
Fossile Energieträger sind längerfristig vollständig durch chemische Energieträger auf EE-Basis ersetzbar. Im Vergleich zu Biomasse relativ hoher Energieertrag

Flächenspezifische Energieerträge erneuerbarer Energien



EE-Wasserstoff-Anteil als Funktion der angestrebten CO₂-Reduktion

(Studien/Szenarien zwischen 1989 – 2002)



Wasserstoff/anteile.pre; 12.2.02

Nur durch eine erfolgreiche Fortsetzung der Energiewende kann längerfristig ein nachhaltiges Energiesystem erreicht werden.

Der Vergleich zweier Szenarien veranschaulicht den wachsenden Handlungsbedarf

SZEN-16 „TREND“ (derzeitige Energiepolitik und angekündigte Aktionsprogramme):

Schreibt die Trends der letzten Jahre fort und berücksichtigt die EEG-Novellierung mit den dortigen Stromausbauzielen, das Aktionsprogramm „Klimaschutz 2020“, den Entwurf für den Strommarkt 2.0 und den nationalen Aktionsplan Effizienz (NAPE). Die derzeitigen Defizite bei der Effizienzsteigerung, im Wärmesektor und im Verkehr, bei der KWK und den EE im Wärmesektor lassen sich dadurch tendenziell verringern.

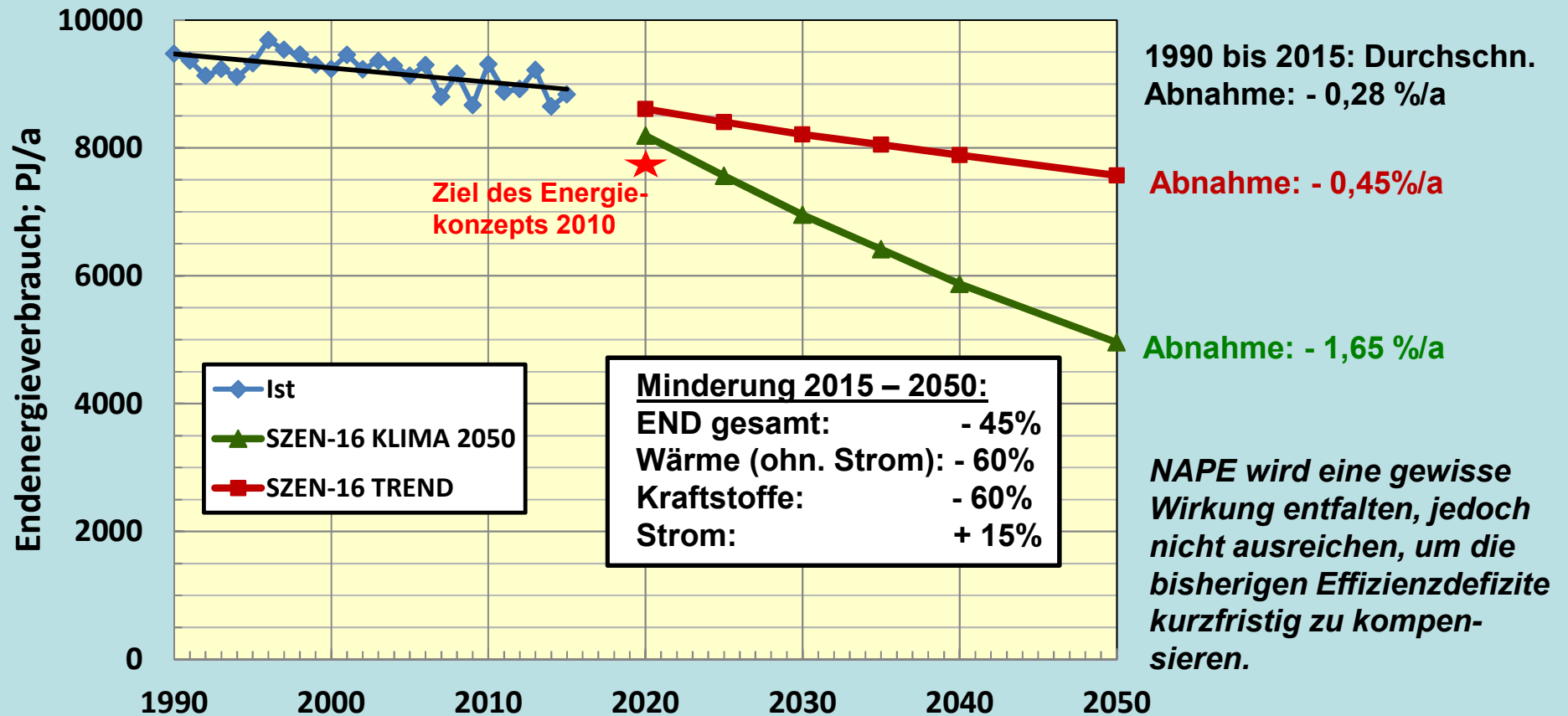
SZEN-16 „KLIMA 2050“ (engagierte Energiepolitik mit Blick auf das Klimaschutzziel 2050):

„Messlatte“ für einen erfolgreichen Umbau des Energiesystems hinsichtlich Klimaschutz und Ressourcenschonung. Erfüllt die Ziele des Energiekonzepts, insbesondere das Klimaschutzziel einer -95% Minderung der THG-Emissionen bis 2050. Dies erfordert eine **100%** Versorgung des gesamten Energiesystems mit erneuerbaren Energien.

„SZEN-16 „KLIMA 2050“ ist eine aktualisierte Version des „Szenarios THG 95“ aus der Leitstudie: „Langfristszenarien und Strategien des EE-Ausbaus in Deutschland“ vom März 2012; berechnet mit Methodik/Modell der zwischen 2004 und 2012 erstellten „Leitstudien“ für das BMU;

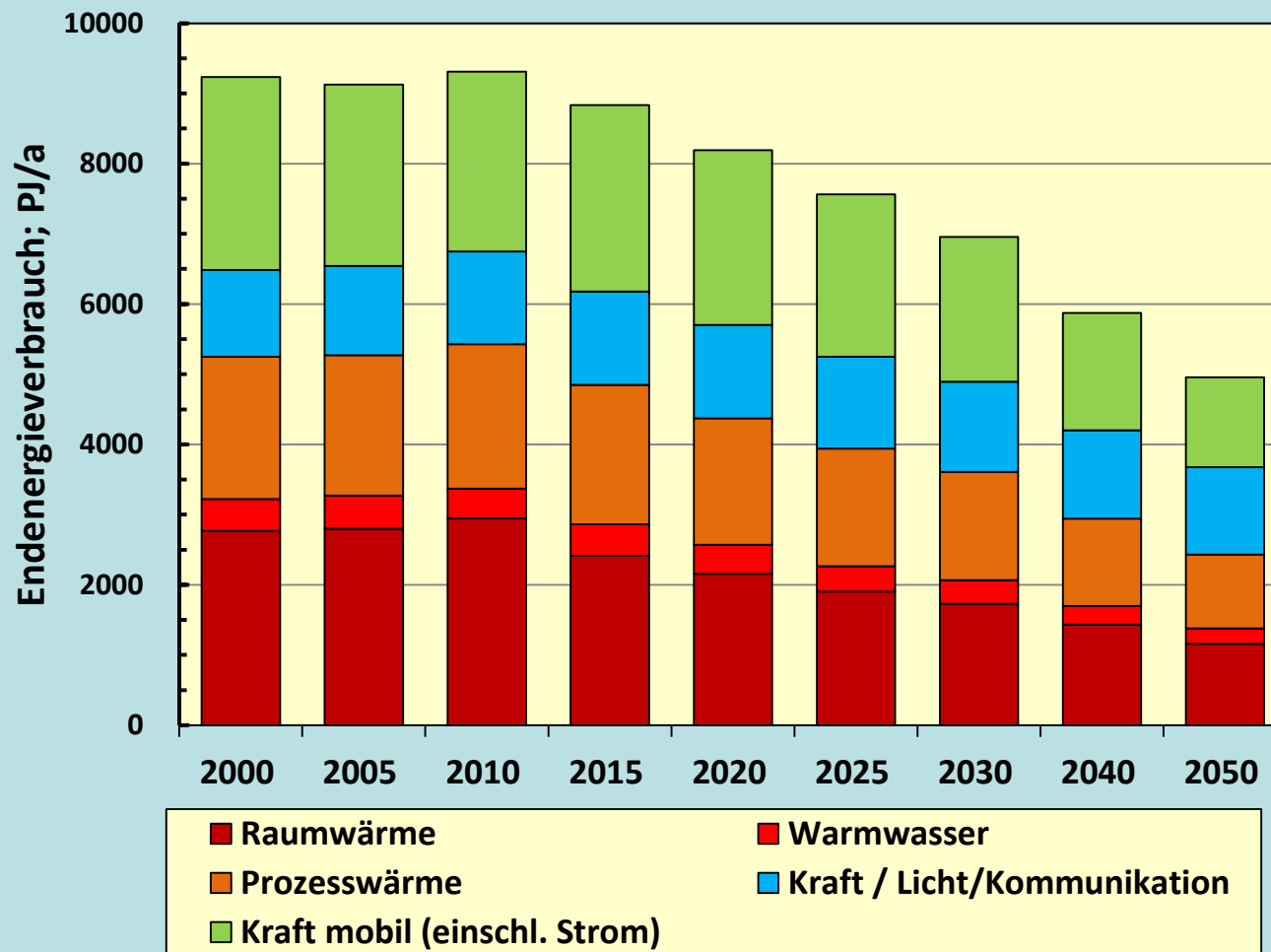
Energieverbrauch von 100% auf ~50%: Das Fundament einer erfolgreichen Energiewende ist eine wesentlich effizientere Nutzung von Energie – davon sind wir noch weit entfernt !

Bisheriger Endenergieverbrauch und zukünftige Entwicklungsperspektiven



Die bisherige Reduktion des Energieverbrauchs stammt weitgehend von den Sektoren Industrie und GHD (durchschnittlich - 0,8%/a); der Verbrauch der Privaten Haushalte sank nur schwach mit - 0,2%/a, der Verbrauch des Verkehrssektors ist gegenüber 1990 mit 0,5 %/a gestiegen. (+ +12%).

Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Nutzungsarten im SZEN-16 „KLIMA 2050“



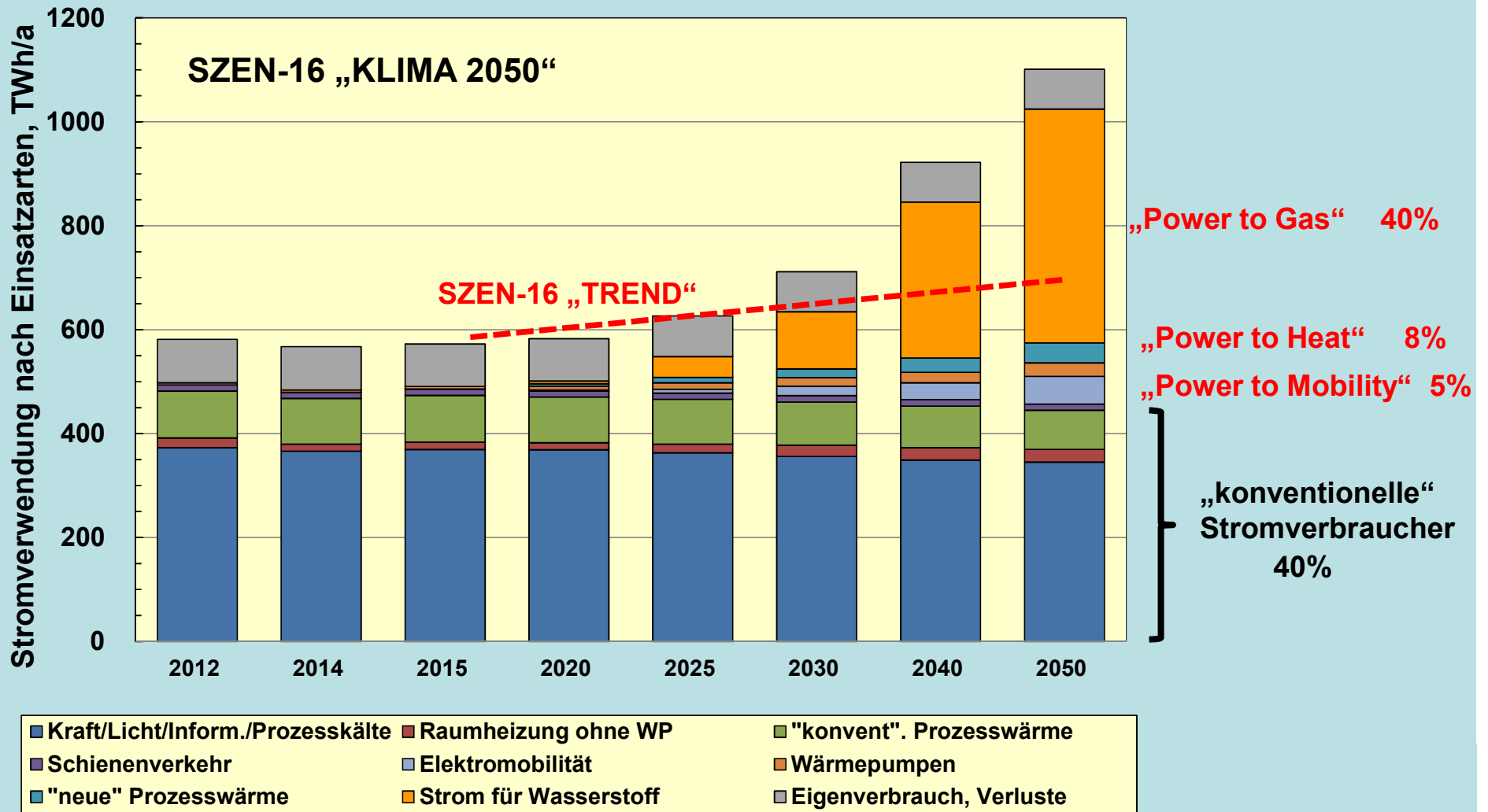
EE-Strom als zukünftige Hauptenergiequelle muss längerfristig fossile Energien in allen Segmenten ersetzen.

2015: Wärme: 54%; Kraft, stationär: 15%; Kraft, mobil: 31%
Brennstoffe/FW: 49%; Strom: 21%; Kraftstoffe: 30%

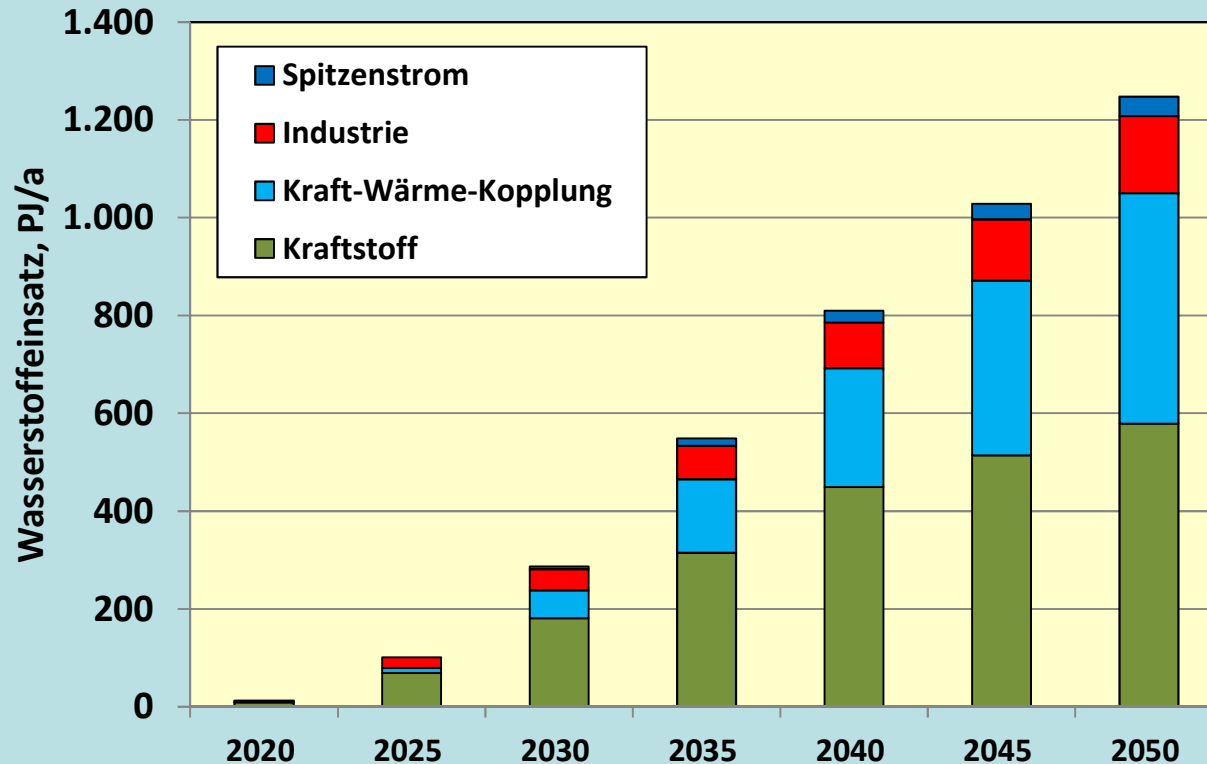
2050: EE-Wärme: 33%; EE-Strom: 43%; EE-Kraftstoffe: 17%; fossil: 7%

Kern der Energiewende ist eine umfassende Transformation des Stromsektors

A) Stromverbrauch: Neben den bisherigen „konventionellen“ Stromverbrauchern spielen ab ca. 2030 „neue“ Stromnutzer eine immer größere Rolle für eine effiziente und ökonomische Nutzung wachsender EE - Stromüberschüsse



Mittels EE-Wasserstoff wird die „neue“ Primärenergiequelle - fluktuierender EE-Strom - für alle Verbrauchssektoren nutzbar gemacht.



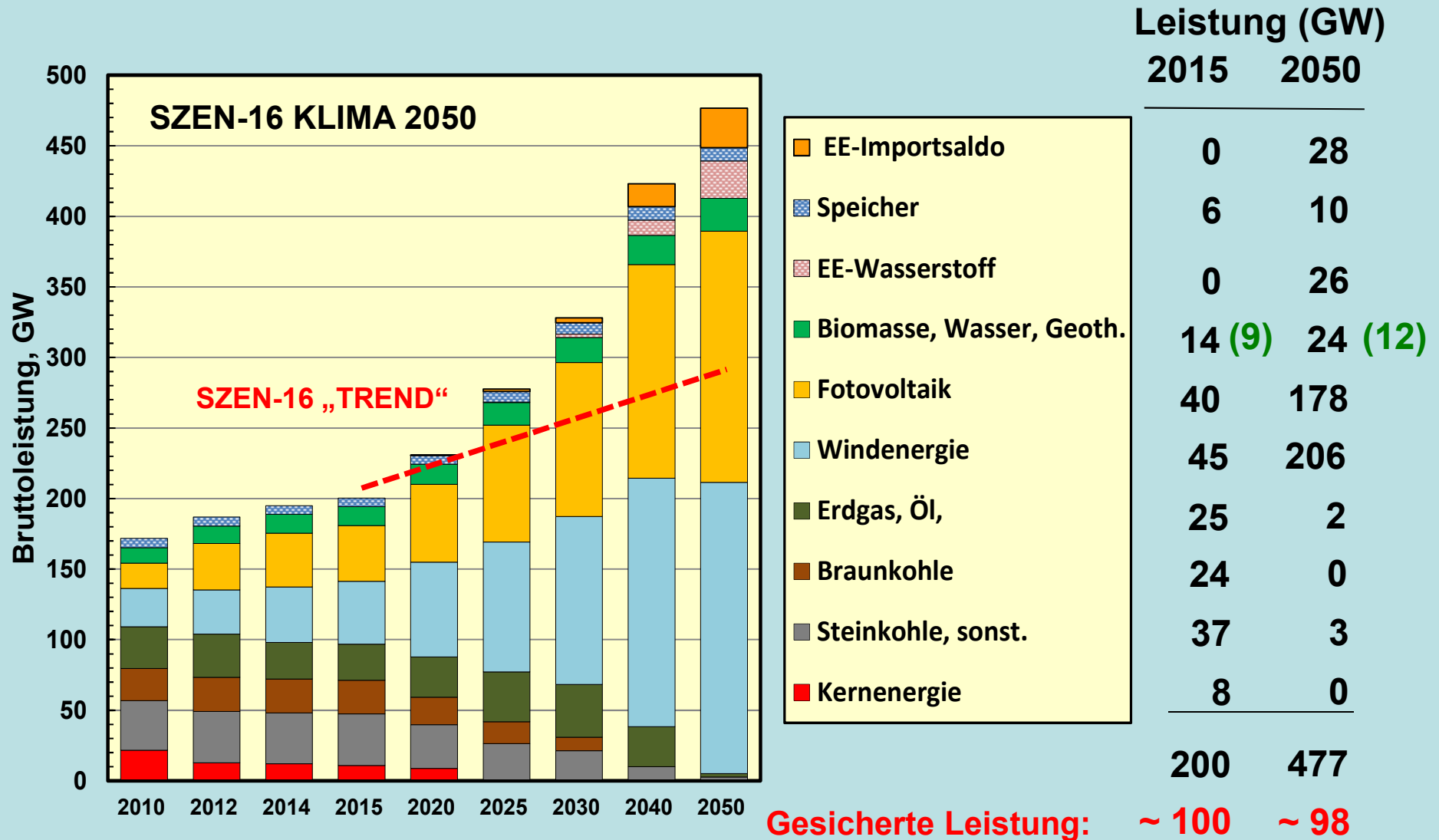
**Stromeinsatz 2050:
1620 PJ/a (450 TWh/a);
entspricht 40% des
Bruttostromverbrauchs**

**Endenergie: 1200 PJ/a
Gesamtnutzungsgrad End-
energie/EE-Strom: 74%**

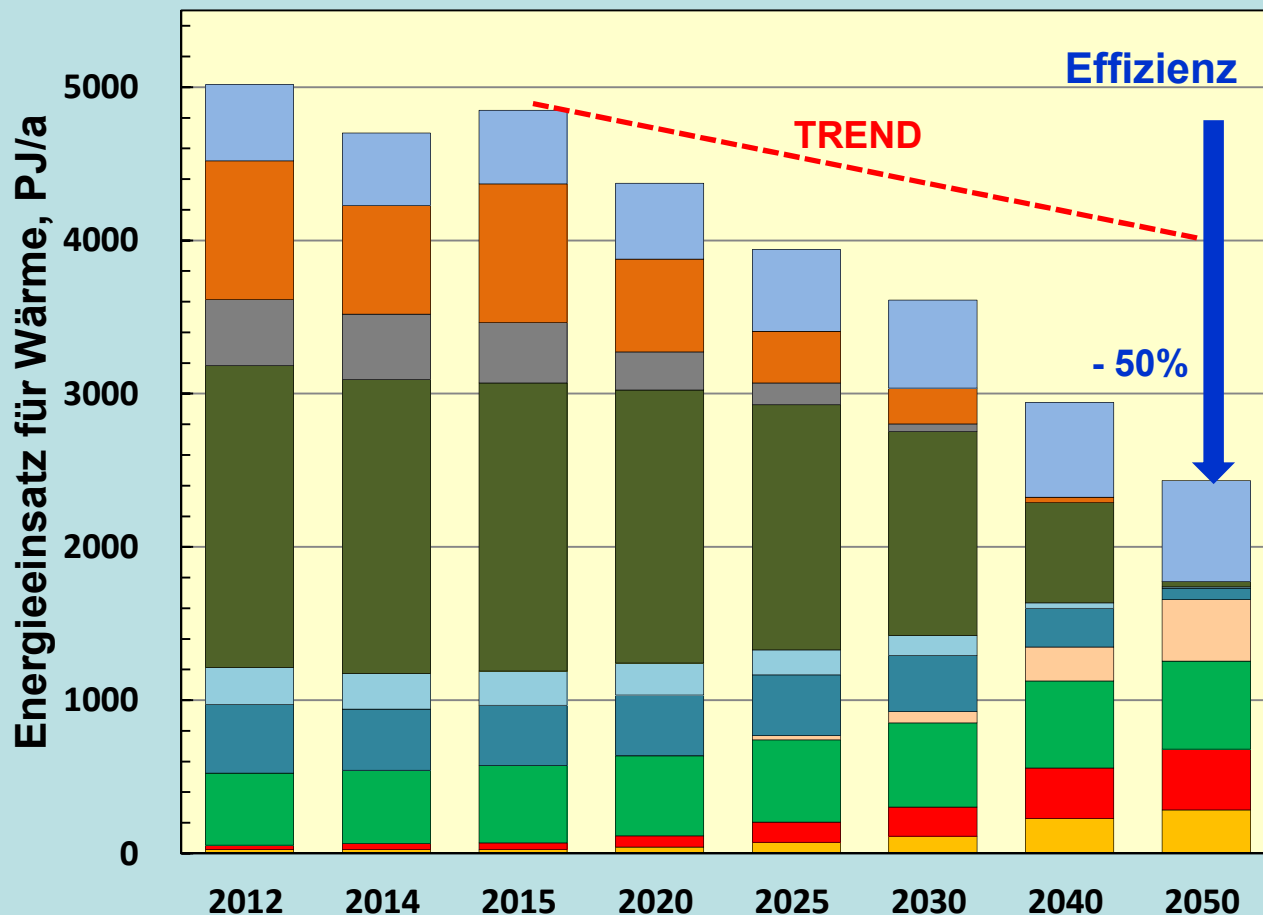
**Strom : 60 TWh/a (215 PJ/a)
KWK-Nutzwärme: 245 PJ/a
Industrie : 160 PJ/a
Kraftstoffe: 580 PJ/a**

**Es wird keine Wasserstoff-Infrastruktur benötigt.
Elektrolyseure (und H₂-Speicher) sind dezentral bei Großverbrauchern (HKW, BHKW,
Tankstellen, Industrie) angeordnet; die „Verteilung“ übernimmt also das Stromnetz.**

B) Erzeugungsstruktur: Kohlekraftwerke müssen bis ca. 2040 durch effiziente, flexible gasgefeuerte Anlagen ersetzt werden; effiziente KWK spielt eine wesentliche Rolle, dabei wird Erdgas längerfristig durch EE-Wasserstoff ersetzt. Speicher ergänzen die „neue“ Kraftwerkstruktur. Die nachgefragte Leistung kann jederzeit gedeckt werden.



Ohne einen völligen Umbau der Wärmeversorgung ist die Energiewende nicht umsetzbar; eine erfolgreiche Transformation erfordert eine „Vierfach –Strategie“.



- Stromwärme*)
- Heizöl; direkt
- Kohlen; direkt
- Gase; direkt
- Industr. KWK, fossil
- Fern- +Nahwärme, fos.
- Wasserstoff (KWK, Ind.)
- Biomasse
- Umweltwärme, Geothermie
- Solarkollektoren

*) für RH, WW und Prozesswärme

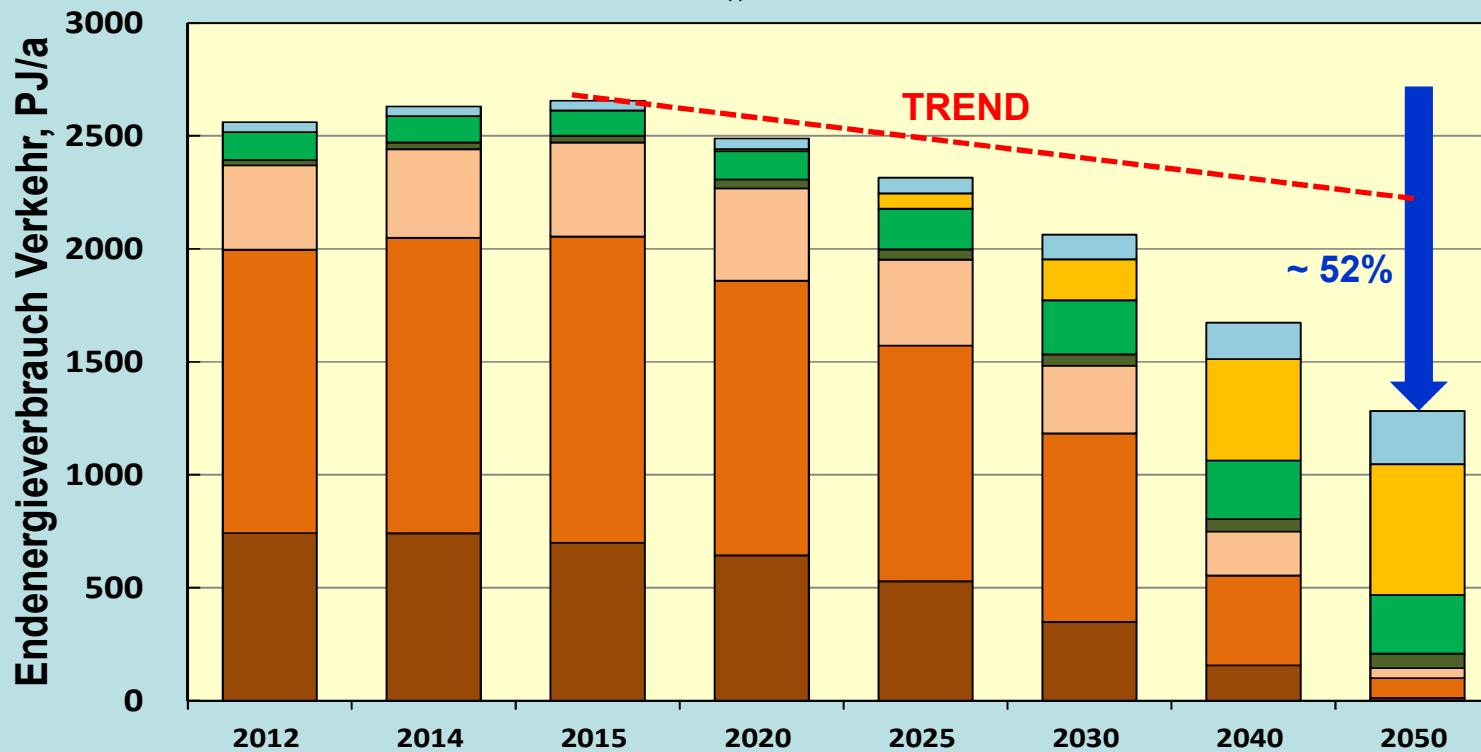
Wärmenetze müssen zu einem wesentlichen Bestandteil der zukünftigen Wärmeversorgung werden.

Eine sorgfältige Abstimmung mit Effizienzsteigerungen und eine Verknüpfung mit der Stromversorgung (EE-Stromwärme) sind unerlässlich !

Erneuerbare E. %:	15	19	27	36	64	95
- Biomasse allein %:	10	12	14	15	19	24
KWK-Wärme %:	14	16	18	19	22	25
Wärmenetze %:	18	20	30	45	55	60
Stromwärme %:	10	11	14	16	21	27

Im Verkehr sind vorrangig effizientere Mobilitätskonzepte und „Down-sizing“ notwendig
 – nur dann ist auch ein Umstieg auf erneuerbare Kraftstoffe/Strom sinnvoll

Szen-16 „KLIMA 2050“



Zukünftiger Einsatz von Biokraftstoffen in KLIMA „2050“

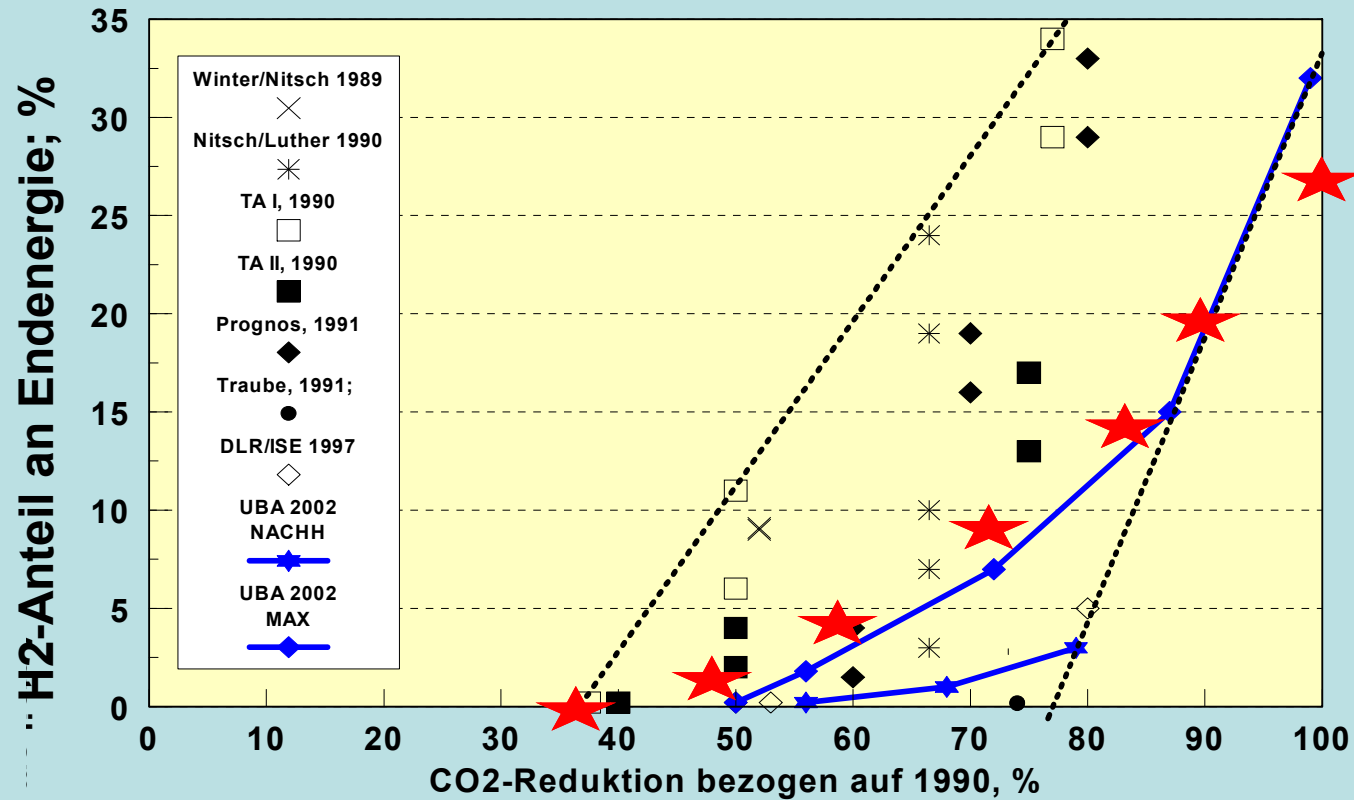
	2030	2050
PKW:	35%	3%
LKW:	25%	2%
Flugz.:	40%	95%



Anteil Erneuerbare E. (%):	4,8	6	13	25	52	84
Biomasse (%) :	4,2	5	8	12	16	20
EE-Wasserstoff (%) :	0	0,3	3	9	27	45
EE-Strom (%) :	0,6	0,7	2	4	9	19

Wie ordnen sich aktuelle Szenarien in die Ergebnisse früherer Studien zur Rolle von Wasserstoff ein ?

Beitrag von REG-Wasserstoff an der CO₂ - Minderung

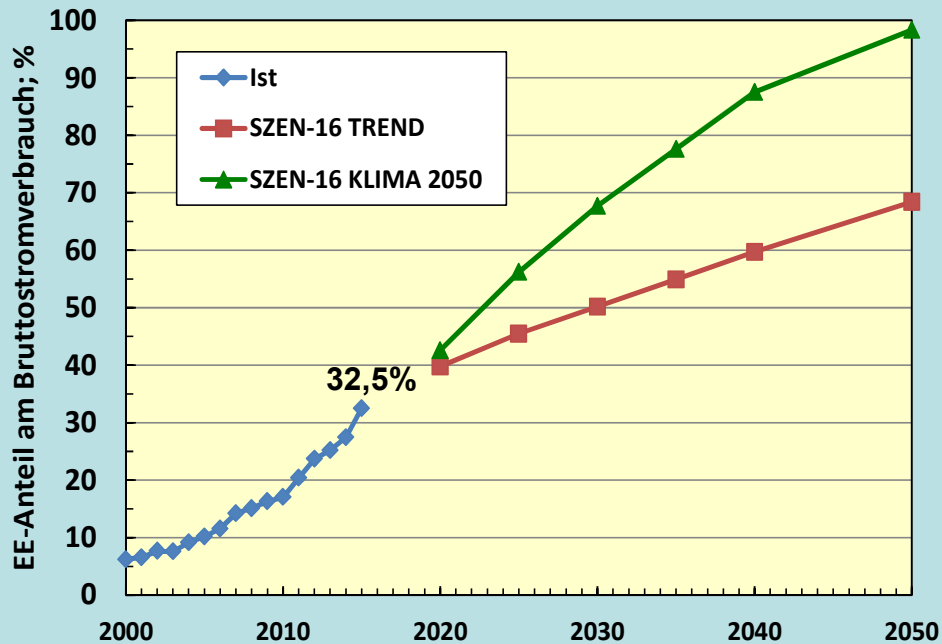


**Wasserstoffanteil
im Szenario:
SZEN-16 „KLIMA 2050“**

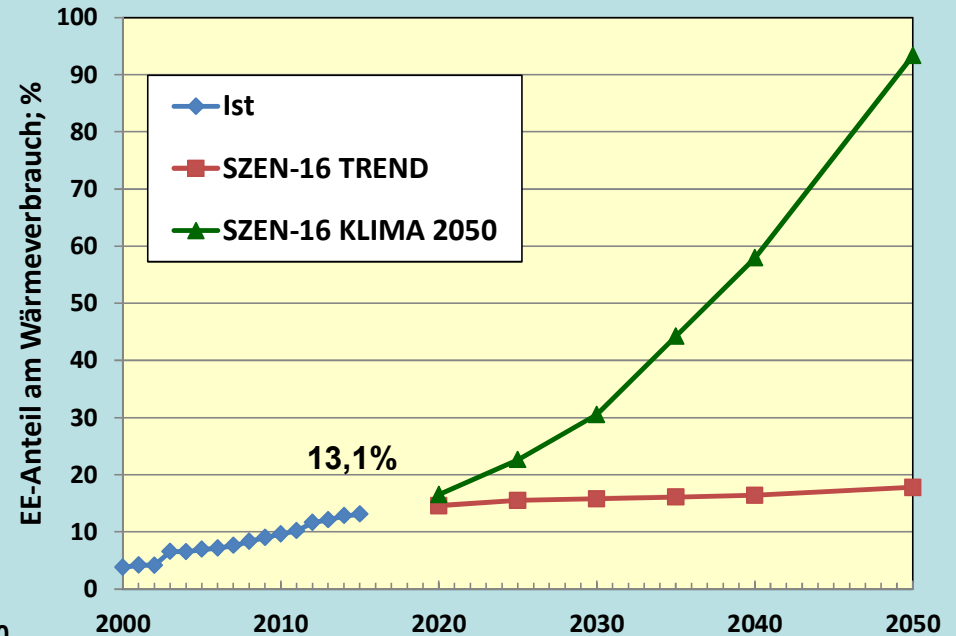
Wasserstoff/anteile.pre; 12.2.02

**Die Perspektiven der erneuerbaren Energien sind derzeit (noch) ungewiss:
 „Gebremste Entwicklung“ (TREND) oder „auf dem Weg zur 100 % EE“ (SZEN-16 KLIMA 2050)**

EE – Stromerzeugung

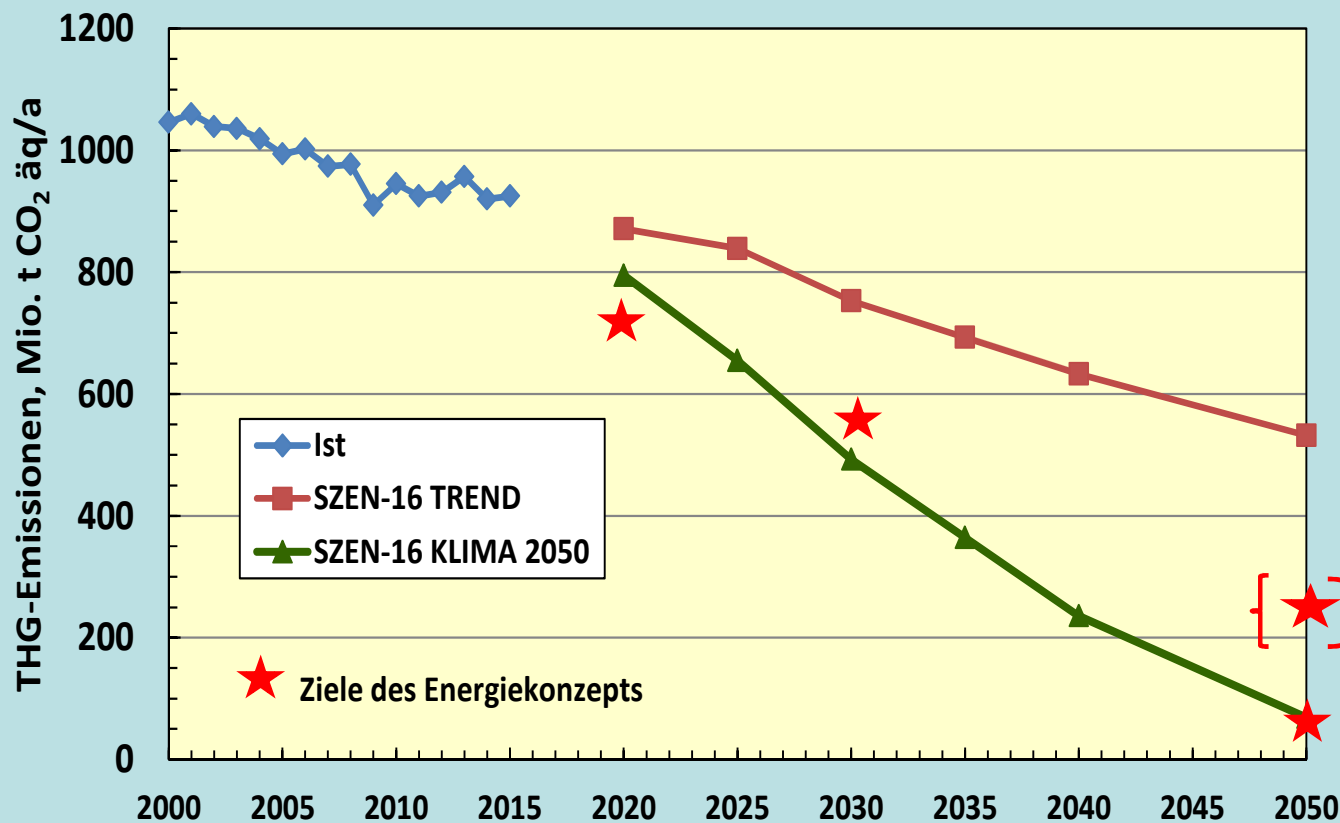


EE – Wärmeerzeugung (ohne Stromwärme)



- **TREND: EEG-Vorgaben bremsen EE-Stromzuwachs ab. Korridor bis 2035 (55%) wird zwar erreicht, die längerfristige Zielverfehlung ist aber erheblich und erlaubt nur wenig zusätzliche EE-Stromnutzung im Wärmesektor und im Verkehr**
- **TREND: EE-Wärmezubau stagniert; KWK-Wärme aus Biomasse sinkt; die Kompensation durch den Zuwachs von Solarwärme, Umweltwärme und Geothermie ist in TREND zu gering, da die derzeitigen Instrumente zu geringe Wirkungen haben. Die Energiewende im Wärmesektor muss erst noch einsetzen**

Mit der derzeitigen Energiepolitik werden die Klimaschutzziele bereits 2020 verfehlt; wenn sich dieser Trend verfestigt, nimmt die Abweichung langfristig erhebliche Ausmaße an



Bis 2020 kann günstigstenfalls („KLIMA 2050“) eine THG-Minderung von - 38% erreicht werden; wahrscheinlicher („TREND“) ist jedoch eine Minderung von nur - 32%.

Die durch „KLIMA 2050“ eingeleitete Dynamik reicht jedoch aus, die weiteren Minderungsziele sicher zu erreichen.

Bezugswert 1990: 1250 Mio. t CO₂äq/a;
 Wert 2015 : 907 Mio. t CO₂äq/a (-27%)
 Ziel 2020: 750 Mio. t CO₂äq/a (-40%);
 Ziel 2050: 63 Mio. t CO₂äq/a (-95%)

Differenz „TREND“:	104	180	465
Differenz „KLIMA 2050“:	30	< 0	0

Die wichtigsten Erkenntnisse

FAZIT I: Das „neue“ Energieversorgungssystem wird wesentlich komplexer sein als das „alte“. Für alle technischen und strukturellen Herausforderungen sind aber bereits heute belastbare Lösungen vorhanden oder können rechtzeitig entwickelt werden, viele haben noch große Entwicklungspotenziale.

FAZIT II: Die große Struktur- und Technikvielfalt, die zunehmende Dezentralität bei gleichzeitig wachsender Vernetzung verlangen die aktive Teilnahme vieler Akteure, die parallel die lokale, regionale und überregionale Energieversorgung gewährleisten, optimieren und ständig weiterentwickeln. Eine (Wieder-) Einschränkung der bereits entstandenen Akteursvielfalt wäre unklug, eine verstärkte Abstimmung ist jedoch zweckmäßig.

FAZIT III: Die heutige Markt- und Preisstrukturen sind nicht kompatibel mit der Durchsetzung von Klimaschutzziele und einer deutlichen Ausweitung erneuerbarer Energien. Nicht die EE müssen in den heutigen Markt „integriert“ werden, sondern dieser muss an die Erfordernisse einer zukünftigen klimaverträglichen und ressourcenschonenden Energieversorgung angepasst werden.

FAZIT IV: Der volkswirtschaftliche Nutzen nachhaltig „korrekter“ Energiepreise (Berücksichtigung vermiedener Klimaschäden und anderer Umweltschäden) muss von der Energiepolitik stärker beachtet werden. Angemessen hohe Energiepreise („Energie- bzw. CO₂-Steuern“) dürfen nicht länger „verteufelt“ werden („Deindustrialisierung“). Sie sind ein „Innovationstreiber“ für unsere Wirtschaft und sind eine für wesentliche Voraussetzung für faire Markchancen erneuerbarer Energien und für die Ausschöpfung von Effizienzpotenzialen.

Die wichtigsten Maßnahmen, damit die Energiewende ein Erfolg wird

1. Grundvoraussetzung: Der Preis für CO₂-Emissionen muss deutlich erhöht werden.

Ehrgeizigere EU-Minderungsziele, CO₂-Mindestbesteuerung: Höhere fossile Energiekosten mobilisieren Effizienzpotenziale; sie schaffen fairere Marktbedingungen für EE und begünstigen im fossilen Bereich gasgefeuerte Anlagen.

2. Fossile Kraftwerksstruktur konsequent umbauen; Netze schrittweise optimieren.

Kein Neubau von Kohlekraftwerken, neben Kernkraftwerken alte Kohlekraftwerke rasch stilllegen; Marktanreize nur für sehr effiziente und flexible Kraftwerke, insbesondere Kraft- Wärme-Kopplung. Lokale und regionale Netze optimieren (Smart grids); erst danach Transportleitungen in Abhängigkeit von EE-Erfordernisse ausbauen. „Power to Gas“ vorbereiten.

3. Wirksame Effizienzstrategie im Wärmesektor schaffen; Wärmenetze ausbauen.

Effizienzrichtlinie der EU in wirksames nationales Effizienzgesetz umsetzen; stabile Finanzierungsgrundlagen für Gebäudesanierung (insbesondere erhöhte Abschreibungen ermöglichen); aktives Energiemanagement in Kommunen zur Pflicht machen (flächendeckende, einheitlich strukturierte Wärmenutzungspläne und Energiekonzepte; lokale EE- und KWK-Potenziale konsequent nutzen).

4. Im Verkehrssektor müssen die Prioritäten deutlich verändert werden.

Deutliche Effizienzsteigerungen („Down-Sizing“) und wesentlich wirksame Verlagerungs- und Vermeidungskonzepte müssen ebenso wichtig werden, wie neue (Bio-) Kraftstoffe und Elektromobilität. Derzeit besteht hier ein großes Ungleichgewicht.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Einige Literaturhinweise:

J. Nitsch, T. Pregger, T. Naegler, N Gerhardt, M. Sterner, B. Wenzel u.a:

„ Leitstudie 2011 - Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland.“
DLR Stuttgart, Fraunhofer-IWES Kassel; IFNE Teltow im Auftrag des Bundesumweltministeriums (BMU),
Abschlussbericht des Projekts FKZ 03MAP146, März 2012; www.erneuerbare-energien.de

J. Nitsch:

„Szenarien der deutschen Energieversorgung auf der Basis des EEG-Gesetzentwurfs – insbesondere Auswirkungen auf den Wärmesektor.“ Studie für den Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. Berlin (BEE),
Stuttgart, 21. Juli 2014;

[www.bee-ev.de/downloads/publikationen/studien/2014/20140205_BEE-Szenarien GROKO Nitsch.pdf](http://www.bee-ev.de/downloads/publikationen/studien/2014/20140205_BEE-Szenarien_GROKO_Nitsch.pdf)

J. Nitsch:

„Energiewende - Quo vadis ?“, Beitrag zum Buch: „Gemeinschaftsprojekt Energiewende – Der Fahrplan zum Erfolg.“ Hrsg.: U. Bartosch, P. Henricke, H. Weiger, oekom Verlag München, 2014

www.fvee.de/publikationen/politische-papiere-anderer/

J. Nitsch:

„Die Energiewende nach COP 21- aktuelle Szenarien der deutschen Energieversorgung“ Kurzstudie für den
Bundesverband Erneuerbare Energien e.V. Berlin (BEE), Stuttgart, 8. März 2016

Dr. Joachim Nitsch, Gutachter und Berater für innovative Energiesysteme; bis Ende 2005 Abteilungsleiter
„Systemanalyse und Technikbewertung“ im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Stuttgart,
jo.nitsch@t-online.de; joachim.nitsch@dlr.de