

# BMU-Leitstudie „Deutschland 2050“

**Christoph Schillings**, Thomas Pregger und Joachim Nitsch  
DLR, Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung



Wissen für Morgen



# Projekt „Langfristszenarien (Leitstudie 2011)“ liefert Pfade zum Erreichen der Effizienz- und EE-Ziele des Energiekonzepts



**Langfristszenarien und Strategien  
für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland  
bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa  
und global**

**Schlussbericht  
BMU - FKZ 03MAP146**

**Arbeitsgemeinschaft**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart  
Institut für Technische Thermodynamik, Abt. Systemanalyse und Technikbewertung  
Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Kassel  
Ingenieurbüro für neue Energien (IFNE), Teltow

**Bearbeiter:**

Joachim Nitsch, Thomas Pregger, Tobias Naegler, Dominik Heide,  
Diego Luca de Tena, Franz Trieb, Yvonne Scholz, Kristina Nienhaus (DLR)  
Norman Gerhardt, Michael Sterner, Tobias Trost, Amany von Oehsen, Rainer Schwinn,  
Carsten Pape, Henning Hahn, Manuel Wickert, (IWES)  
Bernd Wenzel (IFNE)

29. März 2012

„Leitstudien“ für das BMU seit 2004  
DLR Stuttgart mit Partnern

**Projekt „Langfristszenarien ...“**, 2009-2012  
Schlussbericht zum Gesamtprojekt : April 2012



**4 zielorientierte Szenarien zur Umsetzung  
des THG-Reduktionsziels -80% bis 2050  
und der Unterziele EE-Anteile und Effizienz**

*Szenarien 2011 A, B und C mit unterschiedlichen  
Strategien im Verkehrssektor (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, E-Fzg.)*

*Szenario 2011 A' mit „Zielverfehlung“ bei Strom-  
Effizienz und Kompensation durch EE*

**1 Szenario zur Umsetzung des oberen  
THG-Reduktionsziels -95% bis 2060**

**Analyse der ökonomischen Langzeitwirkungen  
und der Versorgungssicherheit**



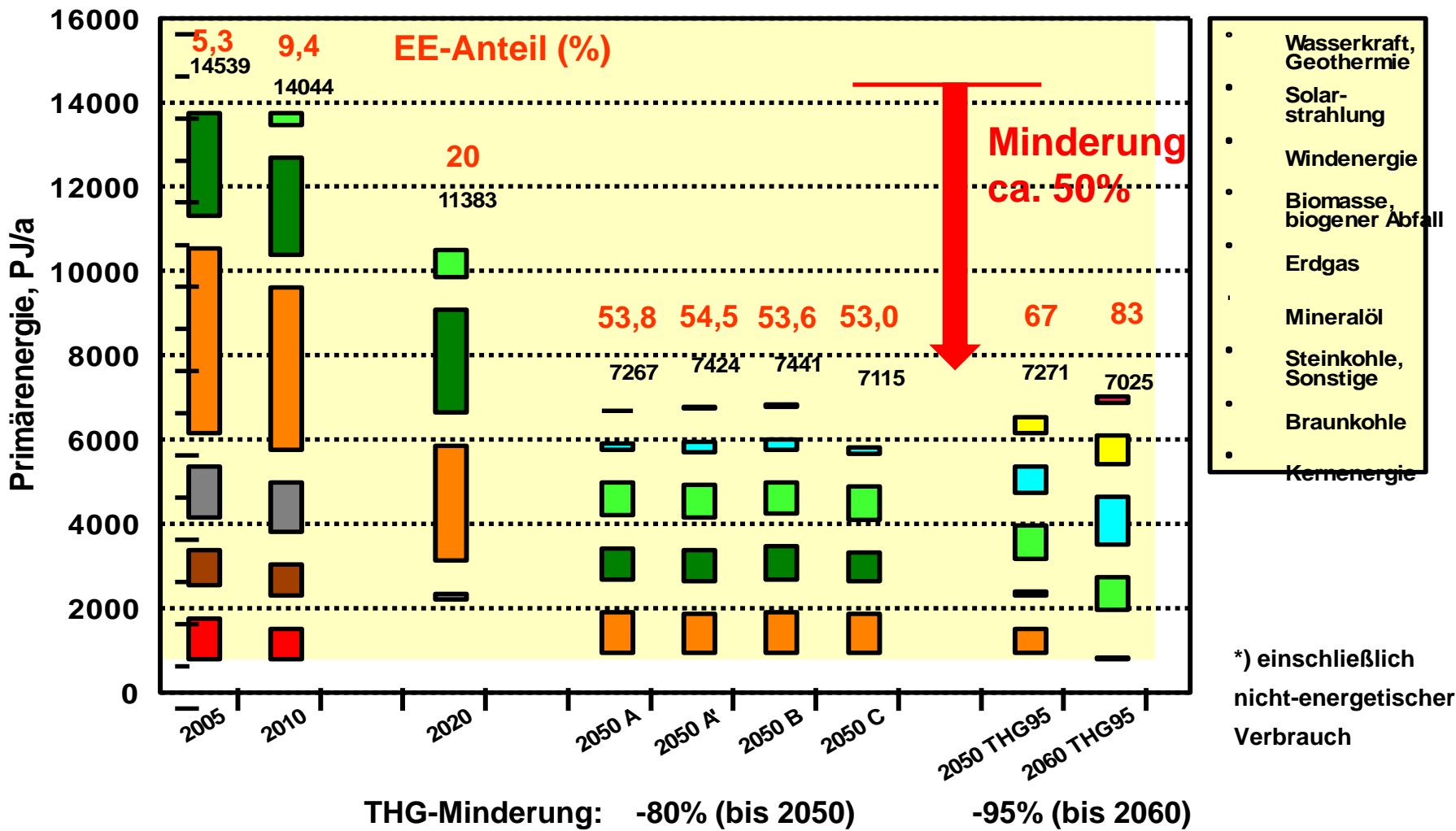
# Energiepolitische Zielsetzungen im Energiekonzept der Bundesregierung

	2020	2030	2040	2050
Minderung der THG-Emissionen: (bezogen auf 1990)	-40%	-55%	-70%	-80 bis 95%
				4 Szenarien
Anteil der EE am (Brutto-) Endenergieverbrauch:	18%	30%	45%	60%
Anteil der EE am Bruttostromverbrauch:	35%	50%	65%	80%
Minderung des Primärenergieverbrauchs	- 20%	—————>		- 50%
Minderung des Stromverbrauchs:	- 10%	—————>		- 25%
Minderung des Endenergieverbrauchs Verkehr:	-10%	—————>		- 40%
Reduzierung des Wärmebedarfs (2020) bzw. des Primärenergiebedarfs (2050) von Gebäuden:	-20%	—————>		- 80%

1 Szenario (2060)



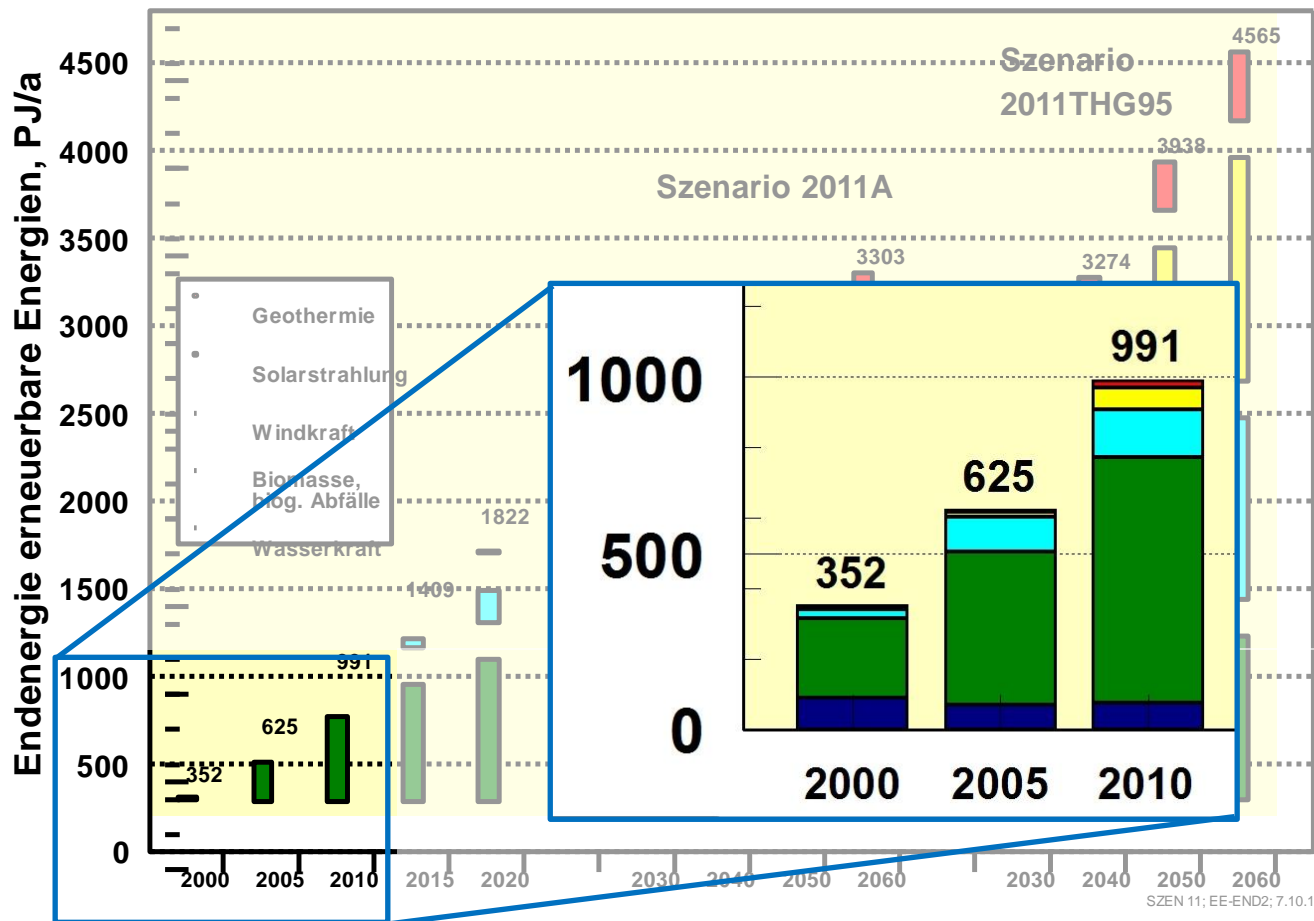
# Primärenergieverbrauch\*) 2050 in den Leitstudien – Szenarien



Wirkungsgradmethode



# Stetiger Ausbau der Erneuerbaren Energien, **Stand 2011**



## Endenergie nach Verwendung [PJ/a]

### Stand

2011

**Strom\*)** 438

**Wärme** 494

**Kraftstoffe** 118

**Gesamt** 1050

entstr. ~12% des End-Energieverbrauchs 2011

### Aufteilung [%]

**Biomasse** 67

**Windenergie** 16

**Solarstrahlung** 9

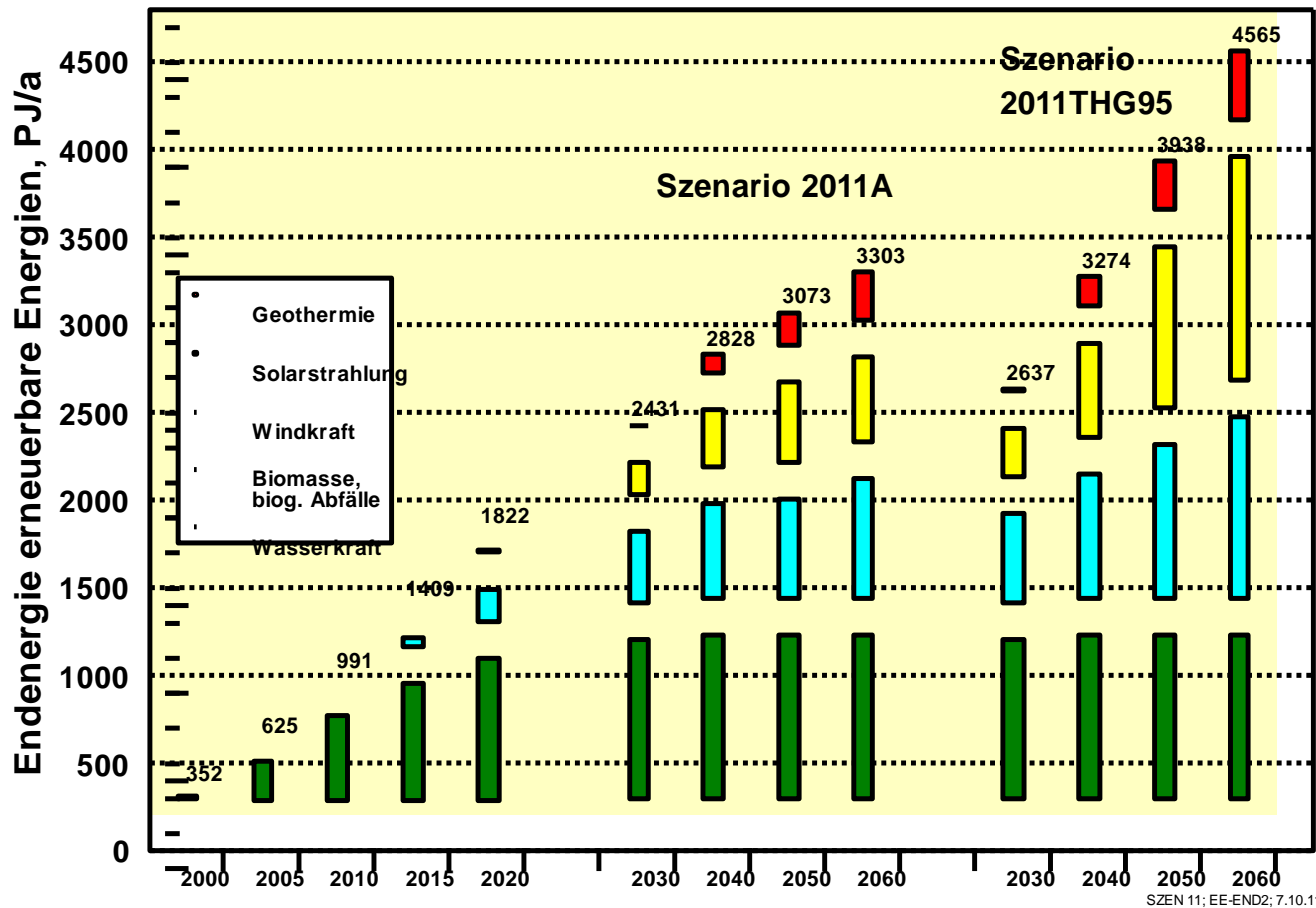
**Wasserkraft** 6

**Erdwärme** 2

\*) einschl. Wärmeerzeugung



# Stetiger Ausbau der Erneuerbaren Energien, Bsp. Szenario A und THG95



## Endenergie nach Verwendung [PJ/a]

### Szenario A

	2010	2030	2050
<b>Strom*)</b>	372	1094	1214
<b>Wärme</b>	490	977	1317
<b>Kraftstoffe</b>	129	360	542
<b>Gesamt</b>	991	2431	3073

## Aufteilung [%]

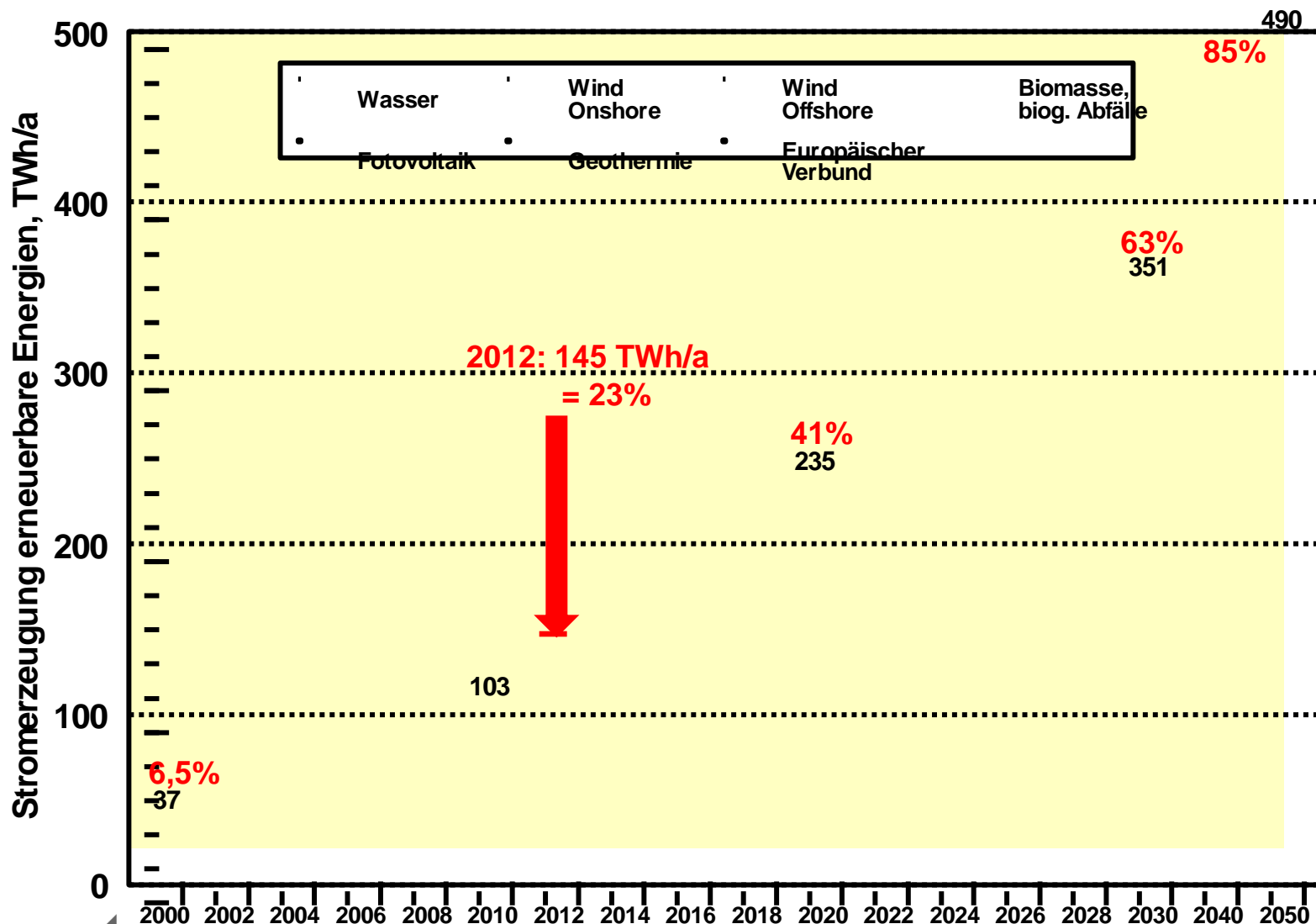
<b>Biomasse</b>	37
<b>Windenergie</b>	28
<b>Solarstrahlung</b>	20
<b>Wasserkraft</b>	3
<b>Erdwärme</b>	12

\*) einschl. Wärmeerzeugung und Elektromobilität



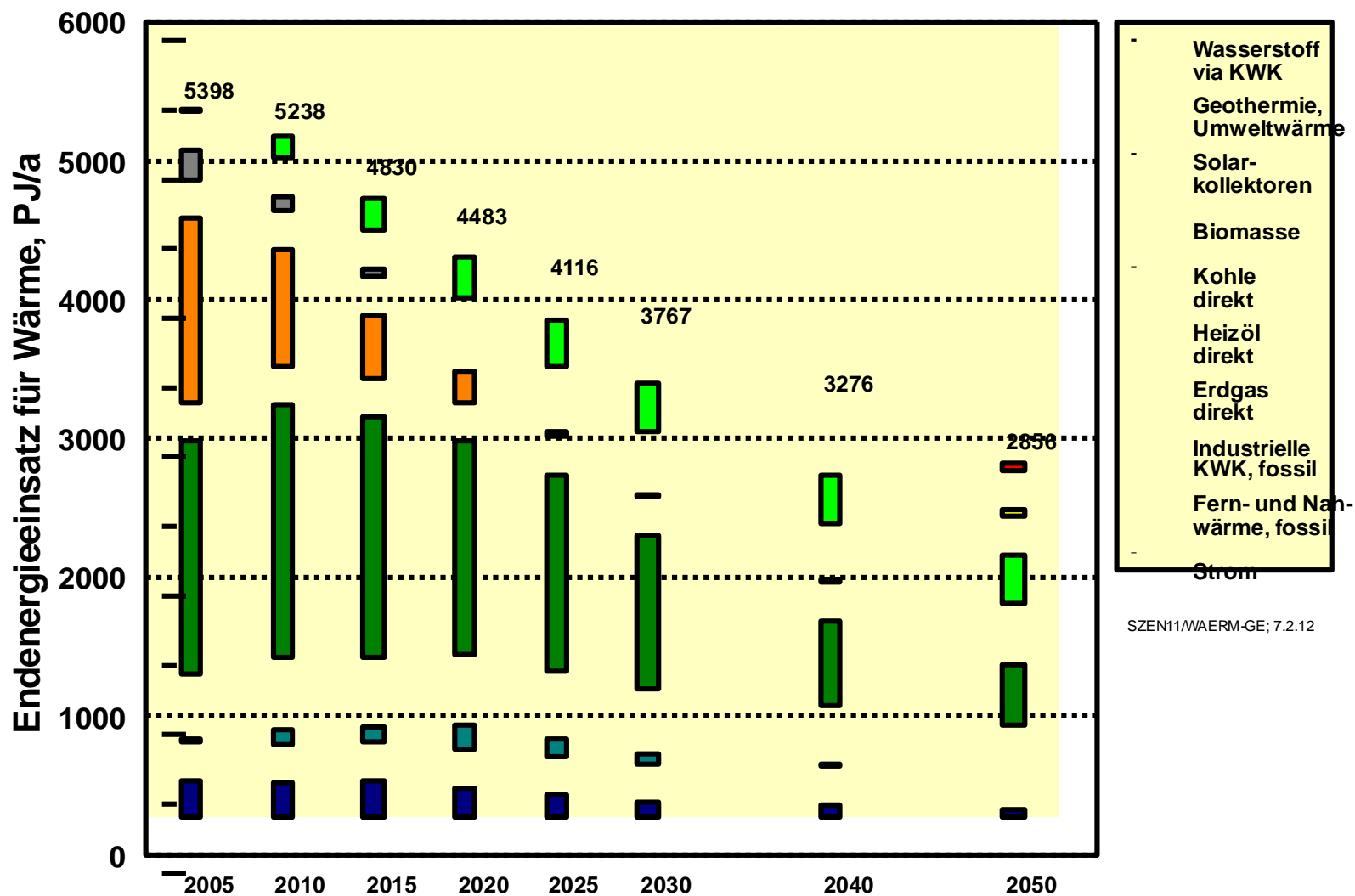
# Beispiel: Wachstum der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien

- Szenario 2011 A -



# Beispiel: Entwicklung der Energieverbrauchsstruktur im Wärmesektor

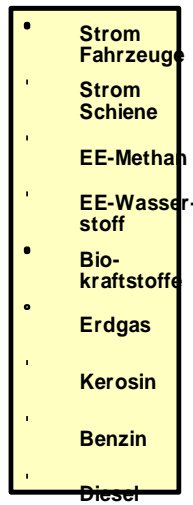
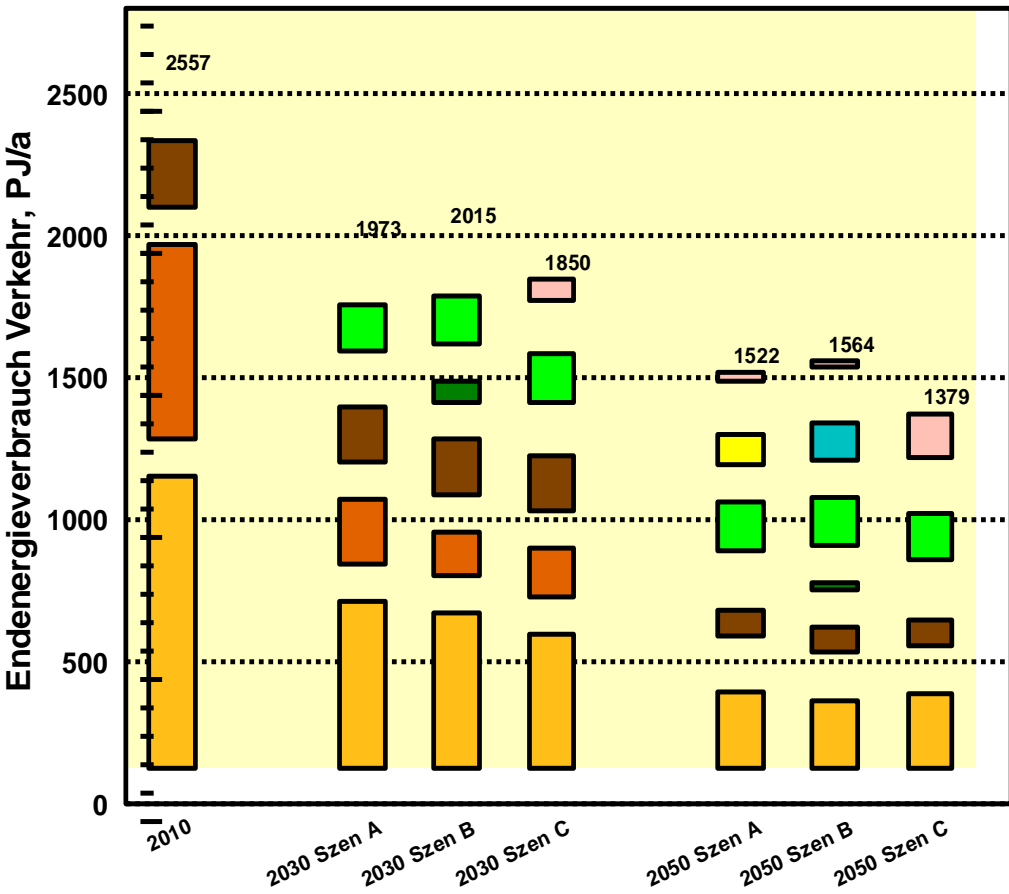
- Szenario 2011 A -





# Ergebnis der Szenarien: Alle Optionen erneuerbarer Energien sollten mobilisiert werden

- Biokraftstoffe - Elektroantriebe - Chemische Energieträger aus EE-Strom -



Verzicht auf zusätzlichen chemischen Energieträger verlangt:

- entweder sehr hohen Anteil an Elektromobilität
- oder sehr hohen Beitrag von Biokraftstoffen

SCEN11/VER-ABC; 12.7.12

## Endenergieverbrauch 2050 (PJ/a)

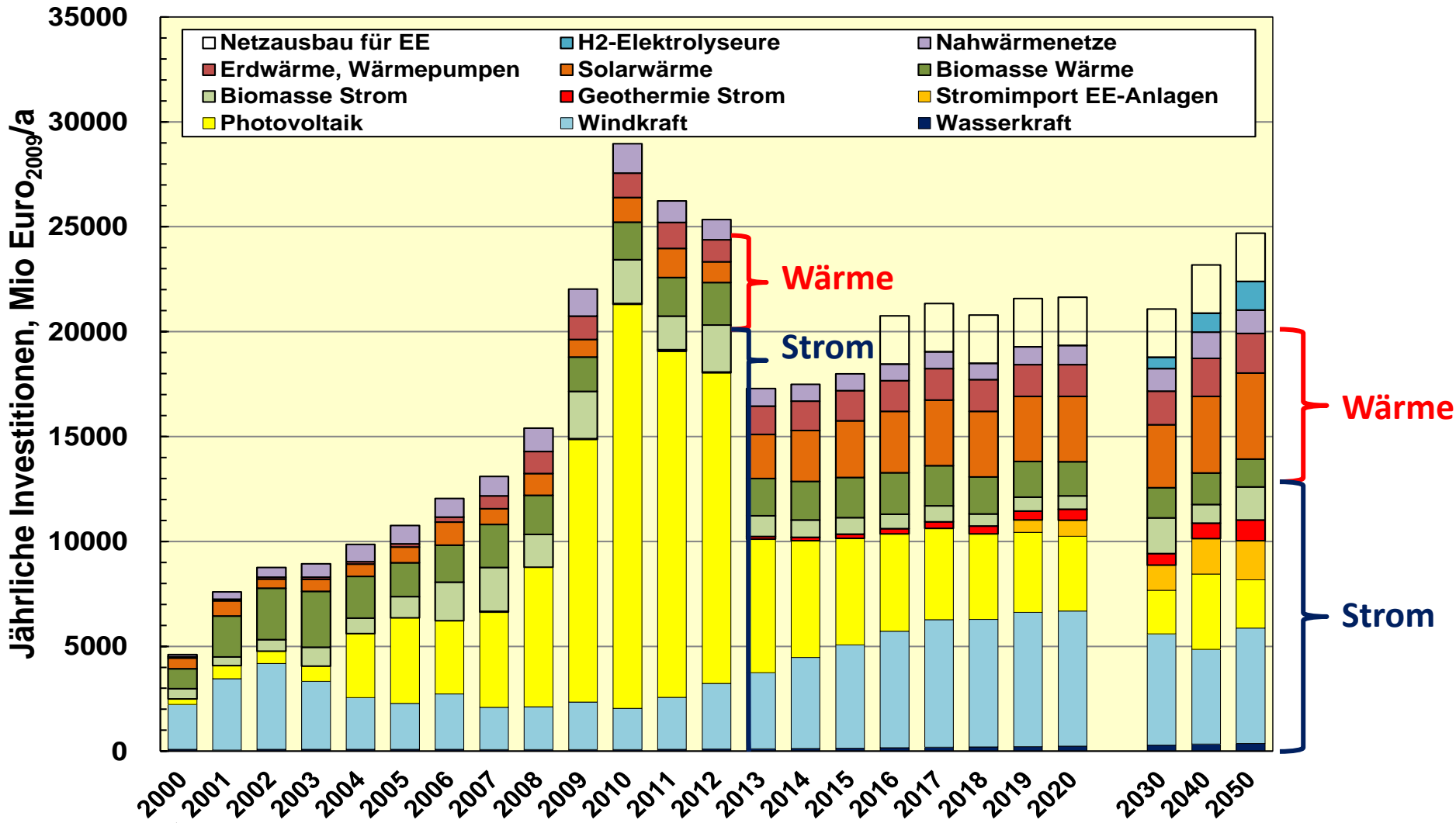
	FOS	BIO	H2	CH4	EL	GES
Szen. A	763	300	242	0	217	1522
Szen. B	782	300	0	265	217	1564
Szen. C	731	300	0	0	349	1379
Szenario E-Konzept	492	772	15	0	233	1512
Szenario WWF	436	921	10	0	187	1560

CO2-Emiss.: 186 (Mio. t/a)      117      119      110      59      61      57



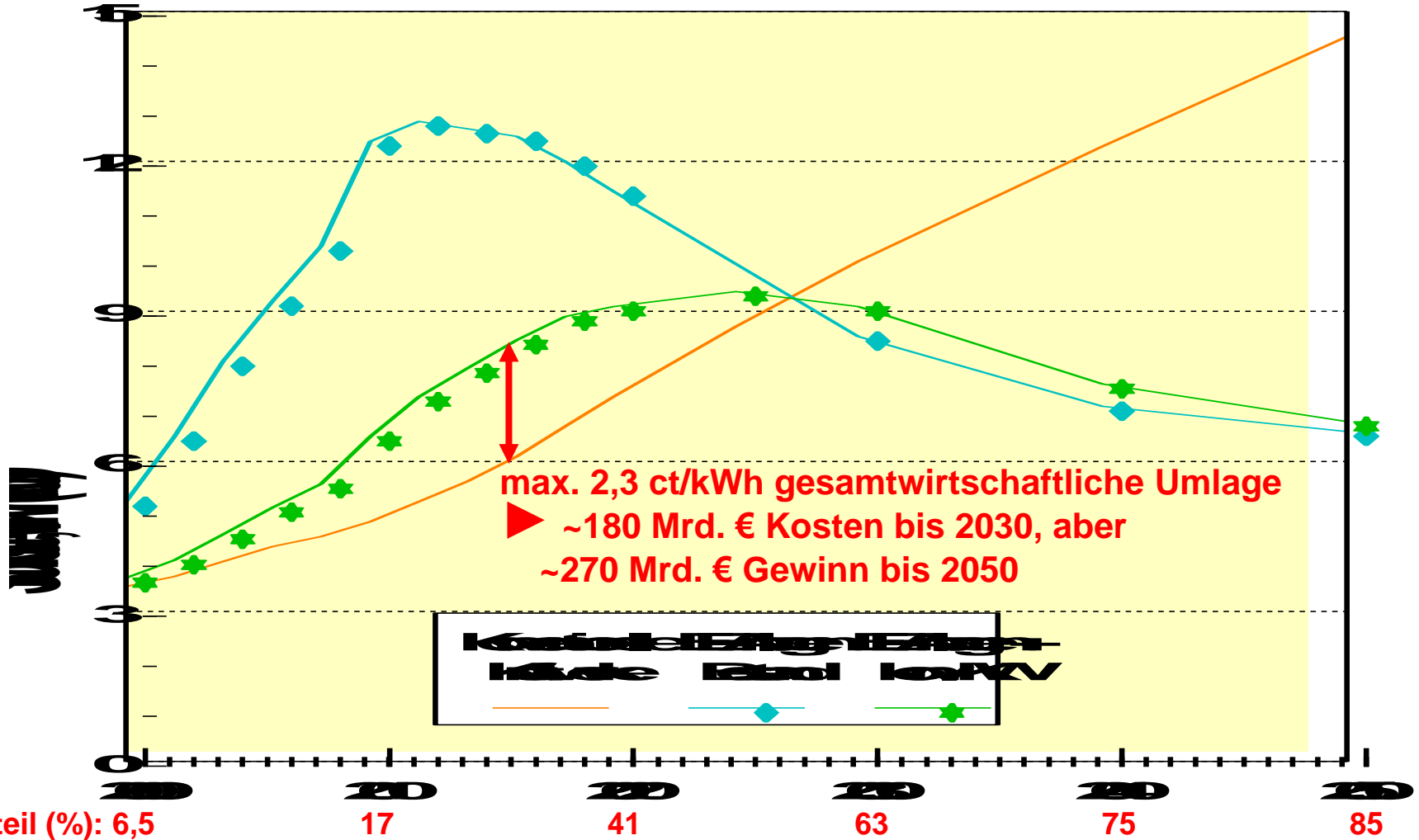
# Jährliche Investitionen der EE für Strom & Wärme

Szenario A - Neuinstallationen und Ersatz



# EE-Ausbau führt zu langfristig stabilen Energiekosten

Beispiel: Stromkosten (Vollkosten) mit und ohne EE-Ausbau, Preispfad A bei deutlichem Brennstoffpreisanstieg



# Abgeleitete Aussagen der Szenarioanalyse

## Stromsektor

- ▶ **EE-Strom ist wichtigste „Primärenergie“ der Zukunft**, verstärkter Einsatz für Prozesswärme, Kühlung, Verkehr, „Überschuss-“Nutzung in Wärmespeichern und langfristig für sekundäre Energieträger.
- ▶ Der konventionelle KW-Zubau & -Rückbau muss sich an der **flexiblen und effizienten Deckung der „Residuallast“** orientieren.
- ▶ Nationaler & europäischer **Netzausbau für Lastausgleich wichtig**, Import von **regelbarem EE-Strom** aus solarthermischen KW kann das Energiesystem stark entlasten, **Speicherzubau** ist darauf abzustimmen.

## Wärmesektor

- ▶ **Solarkollektor- und Geothermiemarkt** muss sehr viel dynamischer wachsen. Dafür ist ein **budget-unabhängiges Instrument** unumgänglich, ebenso eine **Ausweitung der Wärmenetze**.
- ▶ Verbindliche Einführung flächendeckender, einheitlich strukturierter **kommunaler Wärmenutzungspläne** bzw. Energiekonzepte verbessert Langfristplanung von Wärmeversorgungen.

## Verkehr

- ▶ Ausbalancierung von **Effizienzsteigerungen**, wirksameren **Verlagerungs- und Vermeidungskonzepten** mit Ausbaustrategien für **EE-Kraftstoffe und E-Mobilität**. Biokraftstoffpotenziale sind sehr begrenzt.
- ▶ **Technologieoffenheit** bei neuen Antrieben/Kraftstoffen ist empfehlenswert: keine vorschnelle Festlegung, alle Optionen offenhalten. **Elektrolyseure** für Wasserstoffherzeugung sind **Schlüsselkomponente** der chemischen Speicherung.

## Instrumente/Politik

- ▶ **EEG ist zielführend** und unverzichtbar, stetig anzupassen; mittelfristig ist eine **vollkostenbasierte Preisbildung** am Strommarkt erforderlich. Nur **effektiver Emissionshandel** ermöglicht marktgetriebene Klimaschutzpolitik.



## Kontakt:

DLR – Institut für Technische Thermodynamik  
Abteilung Systemanalyse und Technikbewertung ([www.dlr.de/tt/system](http://www.dlr.de/tt/system))

Dr. Christoph Schillings  
[christoph.schillings@dlr.de](mailto:christoph.schillings@dlr.de)  
0711-6862 784

Infos zu Langfristszenarien:  
[http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422\\_read-15254/](http://www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-2885/4422_read-15254/)





## Weitere Schlussfolgerungen aus der Szenarienanalyse

- **(End-)Energieziel ist eine notwendige Voraussetzung um parallel mit EE den für den Verkehrssektor erforderlichen Klimaschutzbeitrag erreichen zu können:  
CO<sub>2</sub>-Minderung 2010 bis 2050: 127 Mio. t/a (- 68%); davon EFF = 60% und EE = 40%.**
- **Wachstum Güterverkehr und Flugverkehr sowie angenommene Verkehrsleistungsstruktur (bleibend hoher Anteil Straße; Daten nach Energiekonzeptszenerarien) sind schwerwiegende Hemmnisse für deutlichen Klimaschutz. Dort unterstellte Veränderungen - insbesondere Verdopplung der Verkehrsleistung des Bahngüterverkehrs bis 2050 - sind optimistisch.**
- **Unterstellte Effizienzgewinne sind prinzipiell erreichbar, erfordern aber hohe Anstrengungen und konsequente Vorgaben; Verminderung spezifischer Verbräuche 2050 gegenüber 2010: Konventionelle PKW 45-50%; LKW 30-35%; Flugzeug 35%; Bahn 25-30%; Schiff 15%.**
- **Biokraftstoffe sind bei Einhaltung ernsthafter Nachhaltigkeitskriterien (effiziente Nutzung begrenzter inländischer Anbauflächen; Schwerpunkt bei effizienter stationärer Nutzung; kein größerer Nettoimport) begrenzt → Potenzial ~300 PJ/a entsprechend ~ 20% EEV 2050.**
- **Neue Antriebstechnologien (EREV, BEV, FCV, H<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>-Motoren) müssen bis 2050 hohe Anteile erreichen; Anteil an Verkehrsleistung PKW 75%-100% ; LKW 25-30%; Biokraft- stoffanteil bei Flugzeug ~ 35%; bei Schiff ~ 40%. Alle Technologien sind (vorerst) gleichrangig weiterzuentwickeln.**
- **Die intelligente Verknüpfung fluktuierender EE-Stromquellen mit der verkehrsbedingten Nachfrage nach EE-basierten Kraftstoffen/Strom führt zu einer wesentlichen Erleichterung der Integration hoher Anteil von EE-Strom in das Gesamtenergiesystem.**



# Eckdaten für die Szenarientwicklung

**4 Szenarien zur Umsetzung des THG-Reduktionsziels<sup>\*)</sup> -80% (CO<sub>2</sub> -85%) bis 2050**

**Szenarien 2011 A, B und C mit unterschiedlicher Verwertung hoher EE-Angebote nach 2030:  
A = Schwerpunkt EE-Wasserstoff; B = Schwerpunkt EE-Methan; C = Schwerpunkt Strom direkt  
( Szenario 2011 A' mit Zielverfehlung bei Strom-Effizienz und Kompensation durch mehr EE )**

**1 Szenario zur Umsetzung des THG –Reduktionsziels -95% ( CO<sub>2</sub> -100%) bis 2060**

**Demografische, ökonomische und strukturelle Eckdaten wurden weitgehend aus den Szenarien des Energiekonzepts übernommen (EWI/Prognos/GWS 2010) :**

**Verkehrsleistungen: Personenverkehr ~ konstant: VL 2050/VL 2010 = 0,93**

**Güterverkehr deutlich steigend: VL 2050 /VL 2010 = 1,47 (Straße: 1,32; Schiene: 2,0)**

**Technikdaten und Effizienzentwicklung Fahrzeuge und Antriebe: Eigene Annahmen; unter  
Abstützung auf aktuelle einschlägige Studien (u.a. Renewbility 2009; UBA 2010; IFEU 2010)  
Modellrechnungen Individualverkehr DLR- Institut für Fahrzeugkonzepte (VECTOR 21)**

**Studienansatz hinsichtlich Verkehr:**

**Beitrag dieses Sektors zum CO<sub>2</sub>-Reduktionsziel der gesamten Energieversorgung unter  
besonderer Beachtung der Wechselwirkungen mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energien  
(fluktuierender Strom aus Wind, Solarstrahlung und dessen möglichst optimale Verwendung  
in allen Verbrauchssektoren)**

**\*) bezogen auf 1990**

