

Eine zukunftsfähige Energieversorgung – aktuelle Strategien bis zur Jahrhundertmitte

**Arbeitskreis „Nachhaltige Entwicklungen“
an der Hochschule Mannheim**

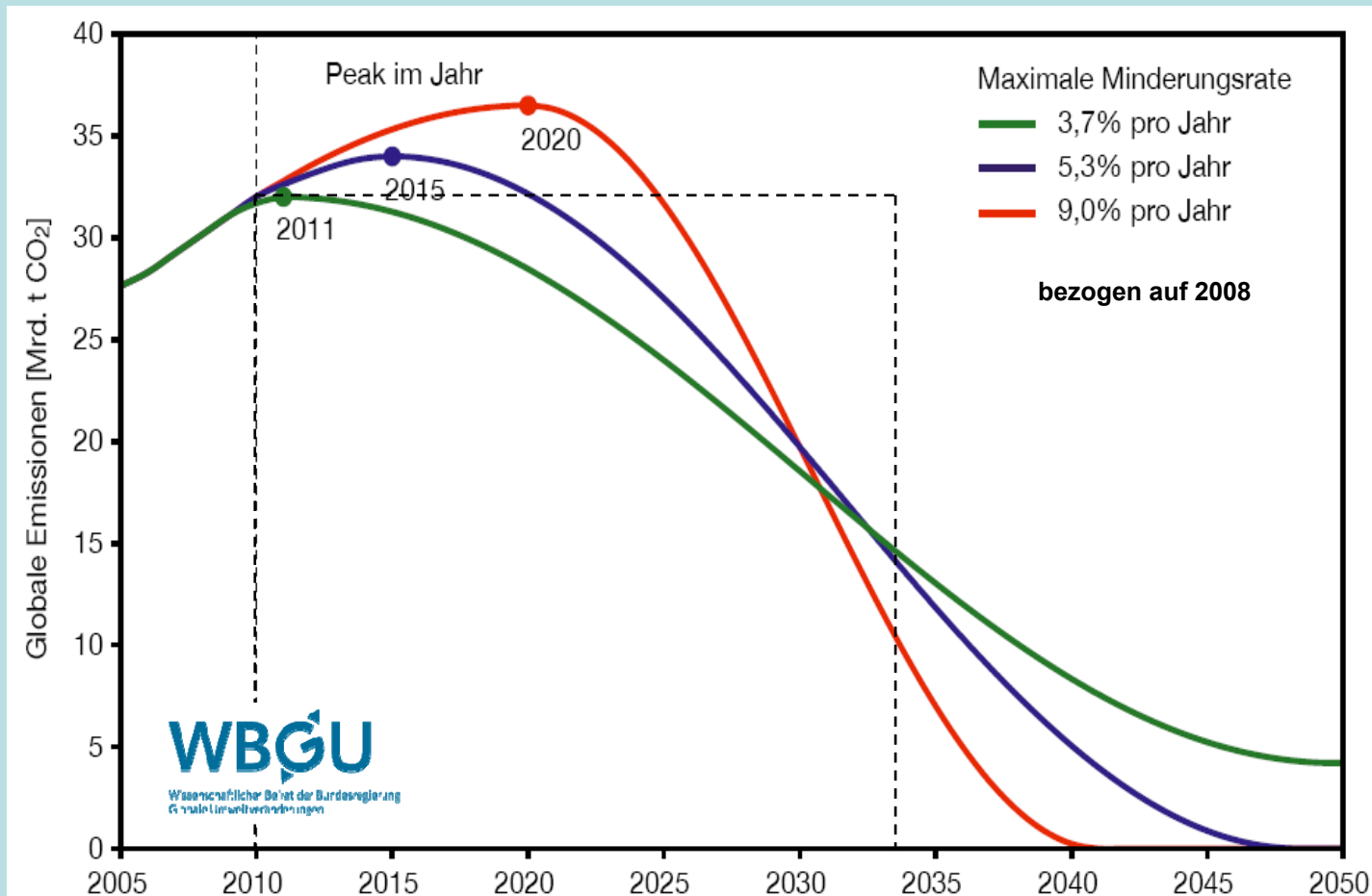
Mannheim, 8. Dezember 2011

Dr. Joachim Nitsch



Globale Emissionspfade 2010 -2050, um die 2° - Leitplanke einhalten zu können

- ▶ **Fossile Energieträger müssen rasch und vollständig ersetzt werden.**
- ▶ **Dies erfordert einen massiver Umbau des globalen Energiesystems**



Je später die Reduktion einsetzt, desto steiler wird die erforderliche maximale jährliche Minderungsrate und desto früher müssen die Gesamtemissionen auf Null gebracht werden.

⚡ Noch maximal zulässige globale Emissionsmenge: 750 Mrd. t CO₂



Zielsetzungen im Energiekonzept der Bundesregierung für 2050

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

*) Steigerung Energieproduktivität 2,1%/a → mittleres Wirtschaftswachstum 0,8%/a

***) Steigerung der energetischen Sanierungsrate von 1%/a auf 2%/a

- **seit ~ 1990 in Enquete-Kommissionen und zahlreichen Studien vorbereitet,**
- **ab ~ 2000 mit Atomausstieg und EEG Einstieg in die konkrete Umsetzung,**
- **aber erst ab 2011 breiter gesellschaftlicher Konsens für eine Langzeitperspektive**



Ein Beispiel: Leitstudien für BMU (UBA)

- **2000:** Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien. DLR, WI, IWR für UBA (FB 99-126)
- **2002:** Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland. DLR, WI für UBA
- **2004:** Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung Erneuerbarer Energien. DLR, ifeu, WI für BMU
- **2006:** Aktualisierung der EE- Ausbaustrategie. („Leitszenario 2006“). DLR für BMU
- **2007:** dto. „Leitstudie 2007“. DLR für BMU
- **2008:** Weiterentwicklung der EE-Ausbaustrategie. („Leitstudie 2008“). DLR für BMU
- **2009 bis 2011:** „Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland...“ DLR, IWES, IfnE für BMU
 „Leitszenario 2009“ (2010)
 „Leitstudie 2010“ (Feb. 2011)

„Leitstudie 2011“ in Vorbereitung



NEUERSCHEINUNG DES UMWELTBUNDESAMTES

Berichte 4/00

Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien

Von JOACHIM NITSCH, MANFRED FISCHBECK, ROBERT BLUMCKE, MARTIN BAUMERT, THIL LANGER, MICHAEL HART, FELIX SCHULZ, UVA CLAUSE
 Herausgegeben vom Umweltbundesamt
 Bonn, 4.0.2000, 128 S., 12,5 cm, gebunden, DM 98,-, ISBN 3-7089-1111-0

▼ **Energieerzeugung:** Nachhaltigkeit in der Energieerzeugung und Energieumwandlung, Erneuerbare Energien und Klimaschutz sind die Schlüsselwörter, wenn es darum geht, die Wärmeenergie effizienter zu nutzen als bisher.

▼ **Erneuerbare Energien:** Neben der Sonne, die im Zentrum, es handelt sich um alles von der Nutzung der Solarenergie, der Wind- und Wasserkraft, den Biomasse und den Wärgen sowie der Geothermie.

▼ **Die natürlichen Energieformen:** Geht hinsichtlich der Ressourcen, der Wirtschaftlichkeit, der Umweltverträglichkeit und der Flexibilität der Nutzung in Betracht. Die Analyse zeigt, dass die Nutzung von Biomasse, Wasserkraft, Windkraft und Geothermie wirtschaftlich, technisch und ökologisch vorteilhaft ist. Die Nutzung von Biomasse, Wasserkraft und Geothermie differenziert sich, auch in Bezug auf den technologischen Fortschritt.

▼ **Die vorliegende Studie zeigt,** dass die Technologie der Nutzung der erneuerbaren Energien im Bereich Wärme und Mobilitätsbereich bereits zu weit entwickelt sind, dass die genannten Ziele erreichbar sind. Dies wird für die einzelnen Sektoren Solarenergie, Wasserkraft, Biomasse, Windenergie, Wasserkraft und Geothermie differenziert behandelt, auch in Bezug auf den technologischen Fortschritt.

Ökologisch optimierter Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien in Deutschland

Forschungsvorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
 FKZ 501 41 933

Langfassung

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) Institut für Technische Thermodynamik
 Joachim Nitsch, Wollan Knecht, Michael Noll, Peter Vietoria

Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu)
 Sven Gähler, Martin Peifer, Guido Rosenburg, Regina Schmidt, Andreas Ullrich
 unter Mitarbeit von Karl Scheuren (IFS Potsdam)

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie
 Claus Barthele, Manfred Fischbeck, Frank Merten
 Stuttgart, Heidelberg, Wuppertal – März 2004

„Leitstudie 2007“

Aktualisierung und Neubewertung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energie und 2030 mit Au

Untersuchung im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Febru

Dr. Joach St

In Zusammenarbeit mit dem DLR – Institut für Tech

„Leitstudie 2008“

Weiterentwicklung der Ausbaustrategie Erneuerbare Energie vor dem Hintergrund Klimaschutzziele Deutsch

Untersuchung im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Oktober

Dr. Joachim Nitsch

In Zusammenarbeit mit dem DLR – Institut für Tech

Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland bis 2050

Leitszenario 2009

DLR, Institut für Technische Thermodynamik, Fraunhofer IWES, IfnE

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

„Leitszenario 2010“

BMU - FKZ 50141933

Aktivengemeinschaft

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Stuttgart
 Institut für Technische Thermodynamik, Abteilung Systemanalyse und Technisierung
 Fraunhofer Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES), Fraunhofer IZP
 Fraunhofer Institute for New Energy (FINE), Tübingen

Berichterstattung

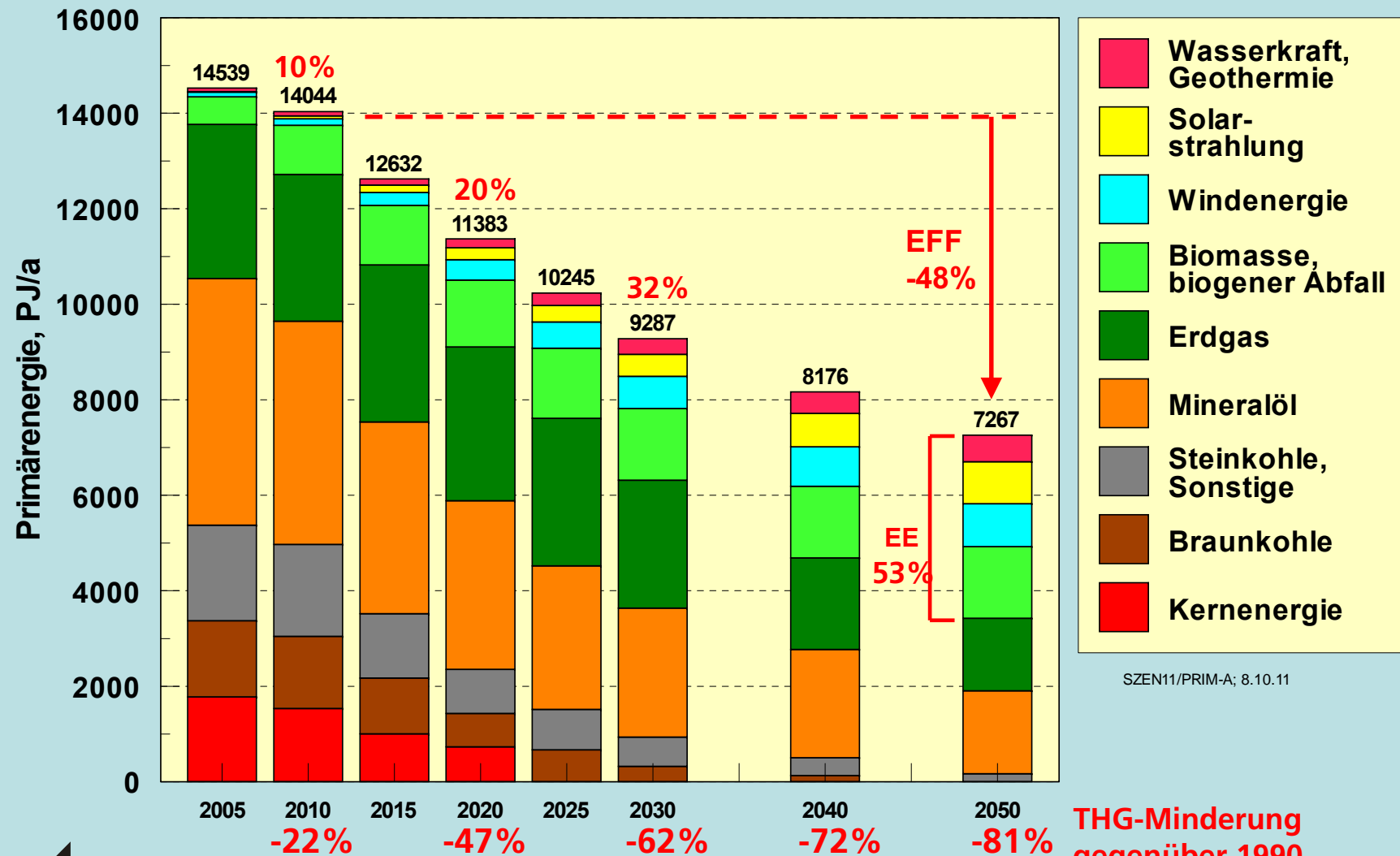
Dr. Joachim Nitsch, Dr. Thomas Proger, Thomas Schütz, Dr. Tobias Neugebauer
 Dr. Michael Dörner, Norman Gerhardt, Anny von Oheim, Dr. Carsten Fahn, Yves-Maria Sack-Oberwiesing, Dr. Bernd Inzinger

28. November 2010

Ein Transformationsszenario für Deutschland, welches das Ziel THG – 80% erfüllt

- Struktur des Primärenergieverbrauchs -

- Szenario 2011 A -

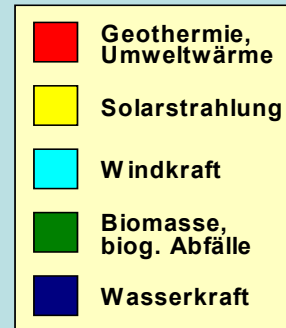
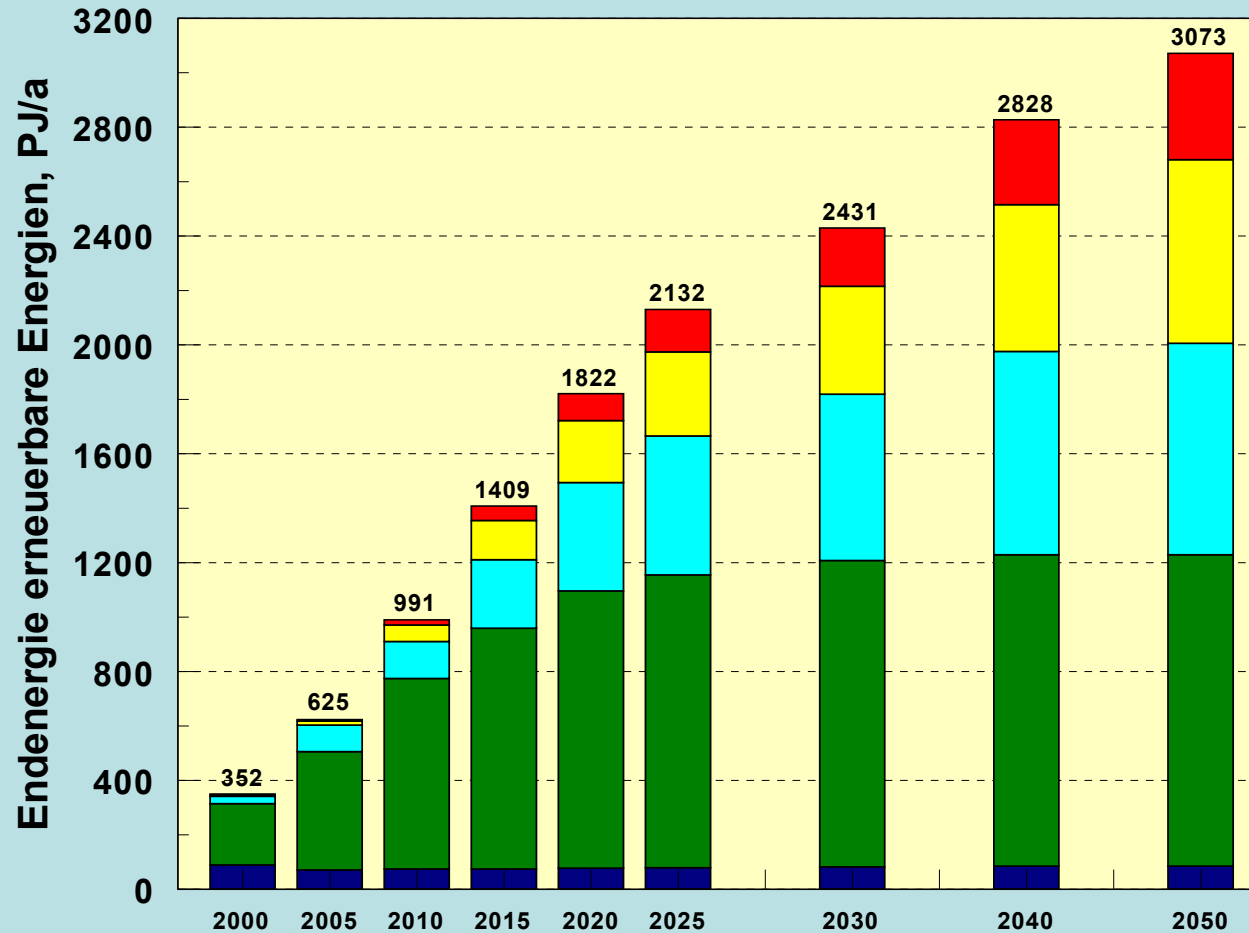


SZEN11/PRIM-A; 8.10.11

Endenergiebeitrag erneuerbarer Energien im Transformationsszenario

- Beitrag zur Strom-, Wärme- und Kraftstoffbereitstellung -

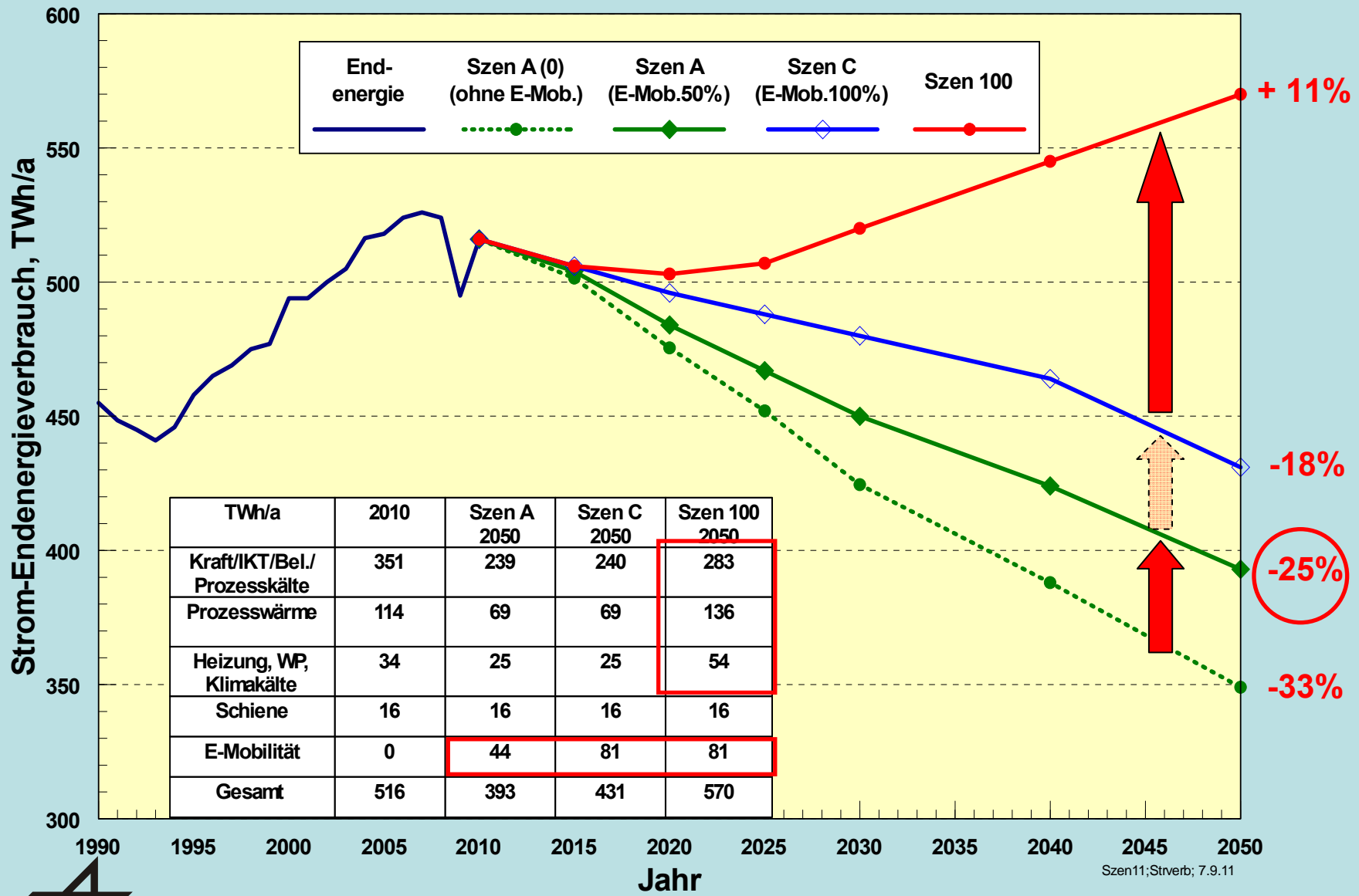
- Szenario 2011 A -



SZEN 11; EE-END; 7.10.11

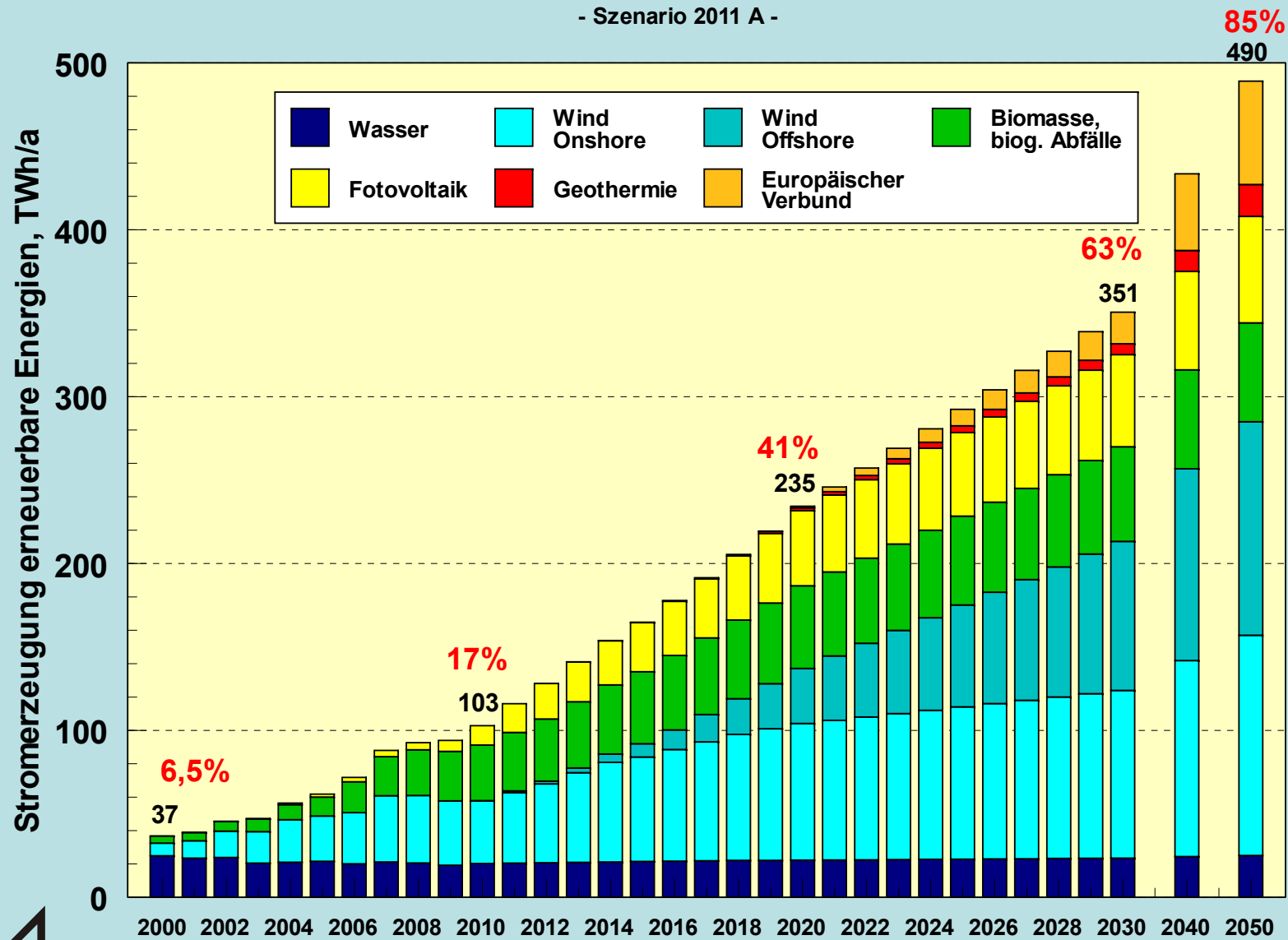
PJ/a	2010	2050
Strom	370	1215
Wärme	491	1315
K-Stoffe	130	543
Gesamt	991	3073

In einer Energieversorgung mit deutlichen EE-Anteil wird Strom der wichtigste Energieträger

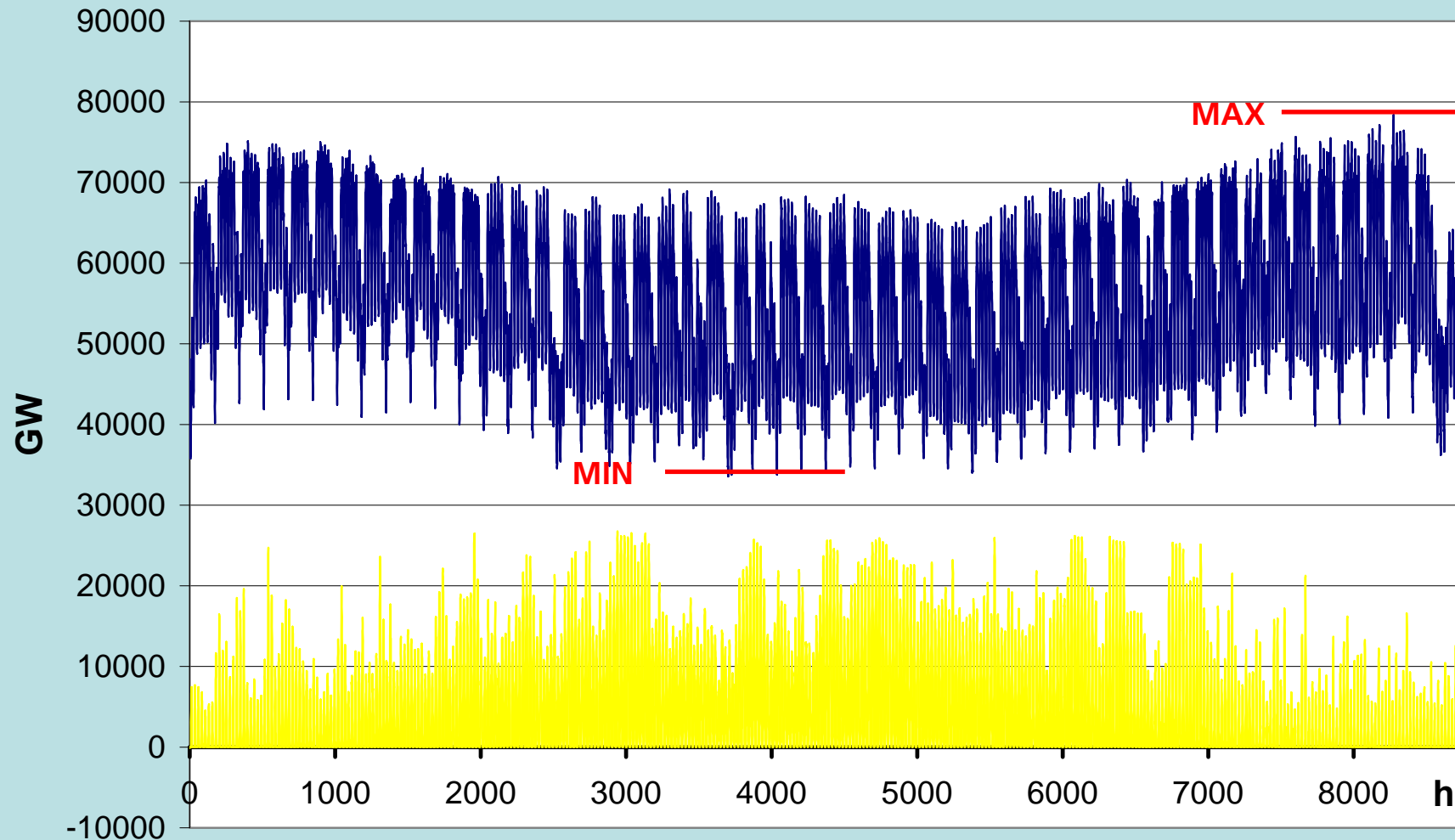


Ein stetiges, dynamisches Wachstum der EE-Stromerzeugung ist erforderlich

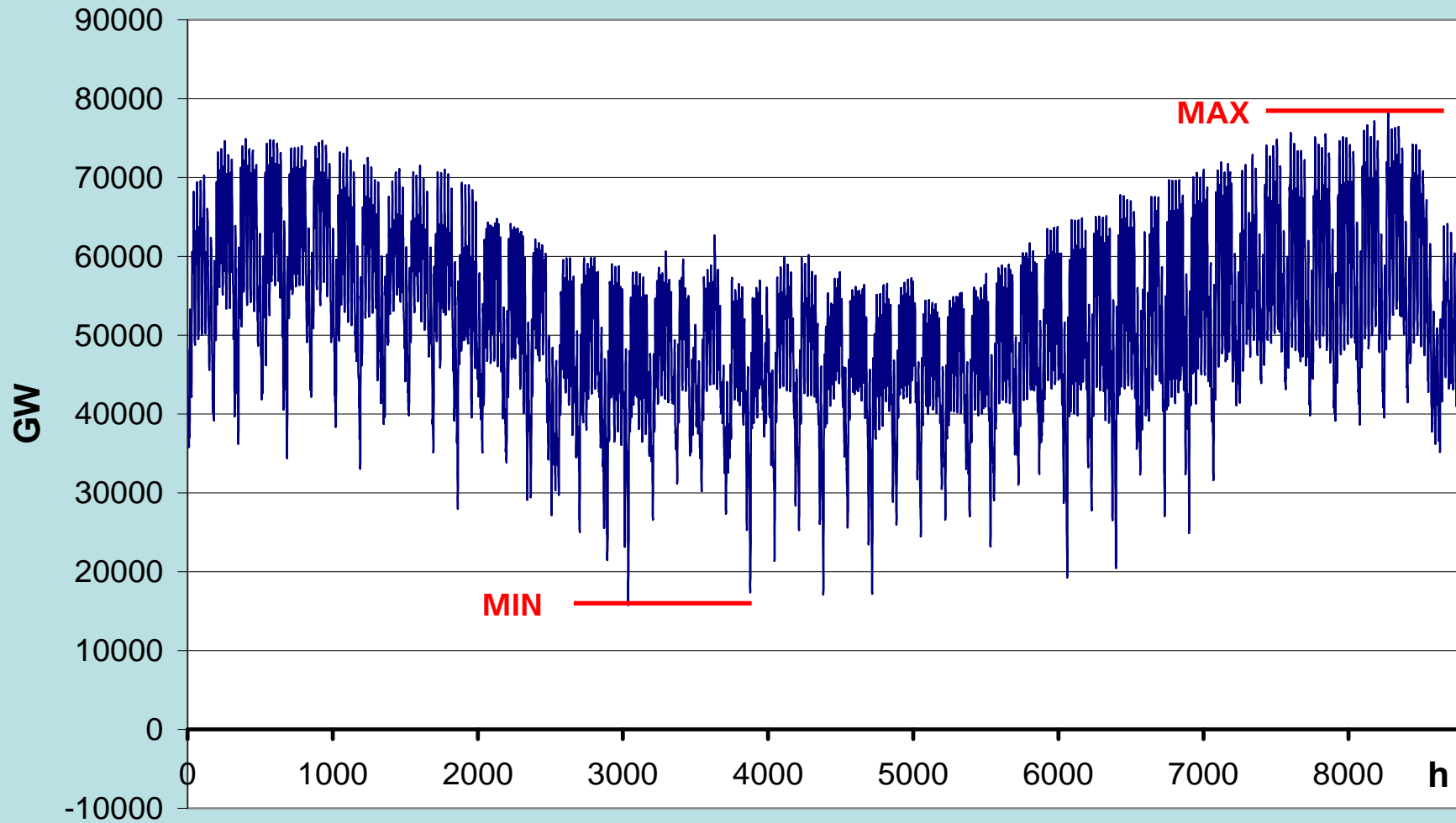
- Szenario 2011 A -



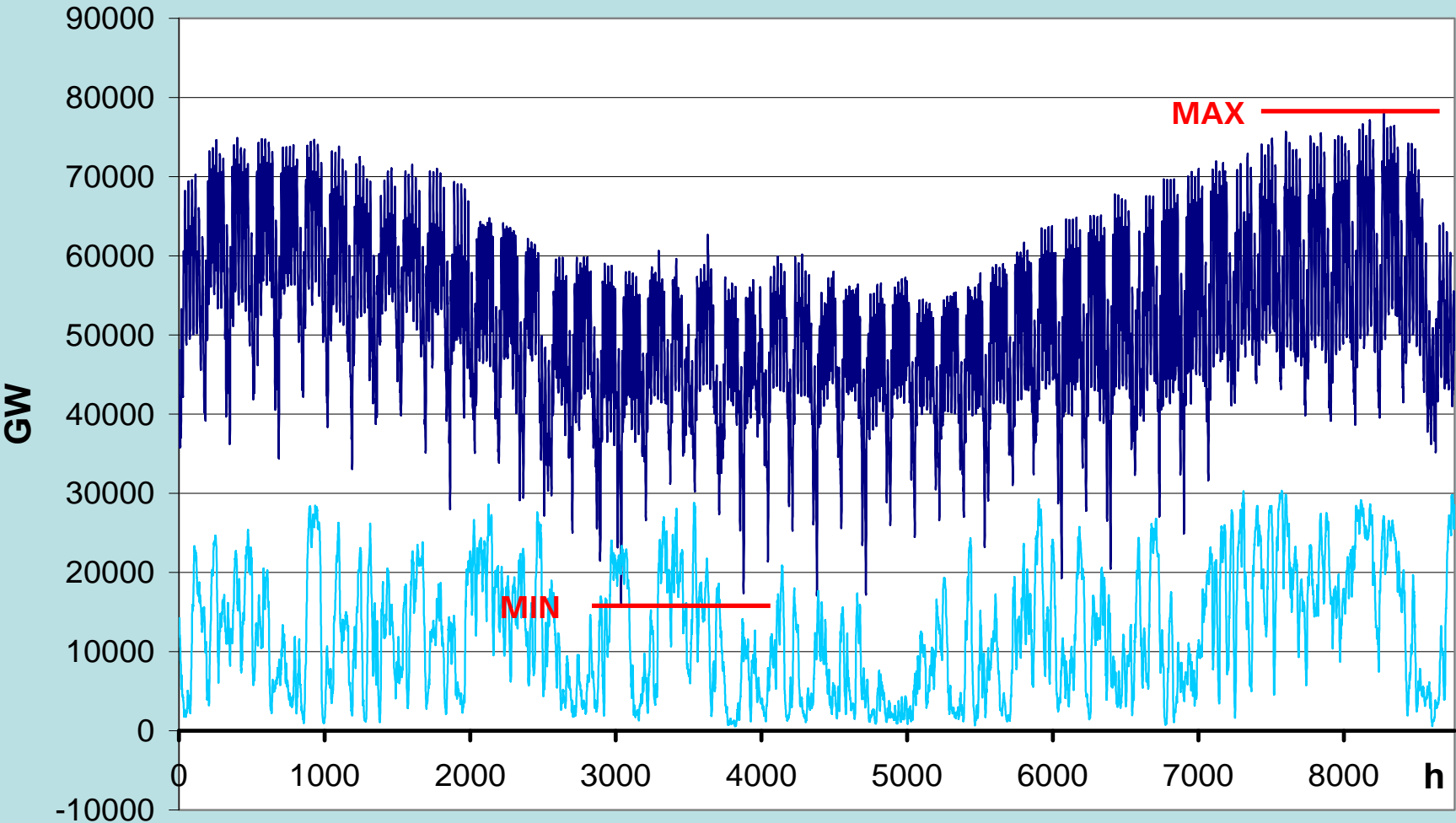
(1) Lastverlauf in Deutschland und Stromerzeugung der Fotovoltaik im Jahr 2020 (Leitstudie 2010; Basisszenario)



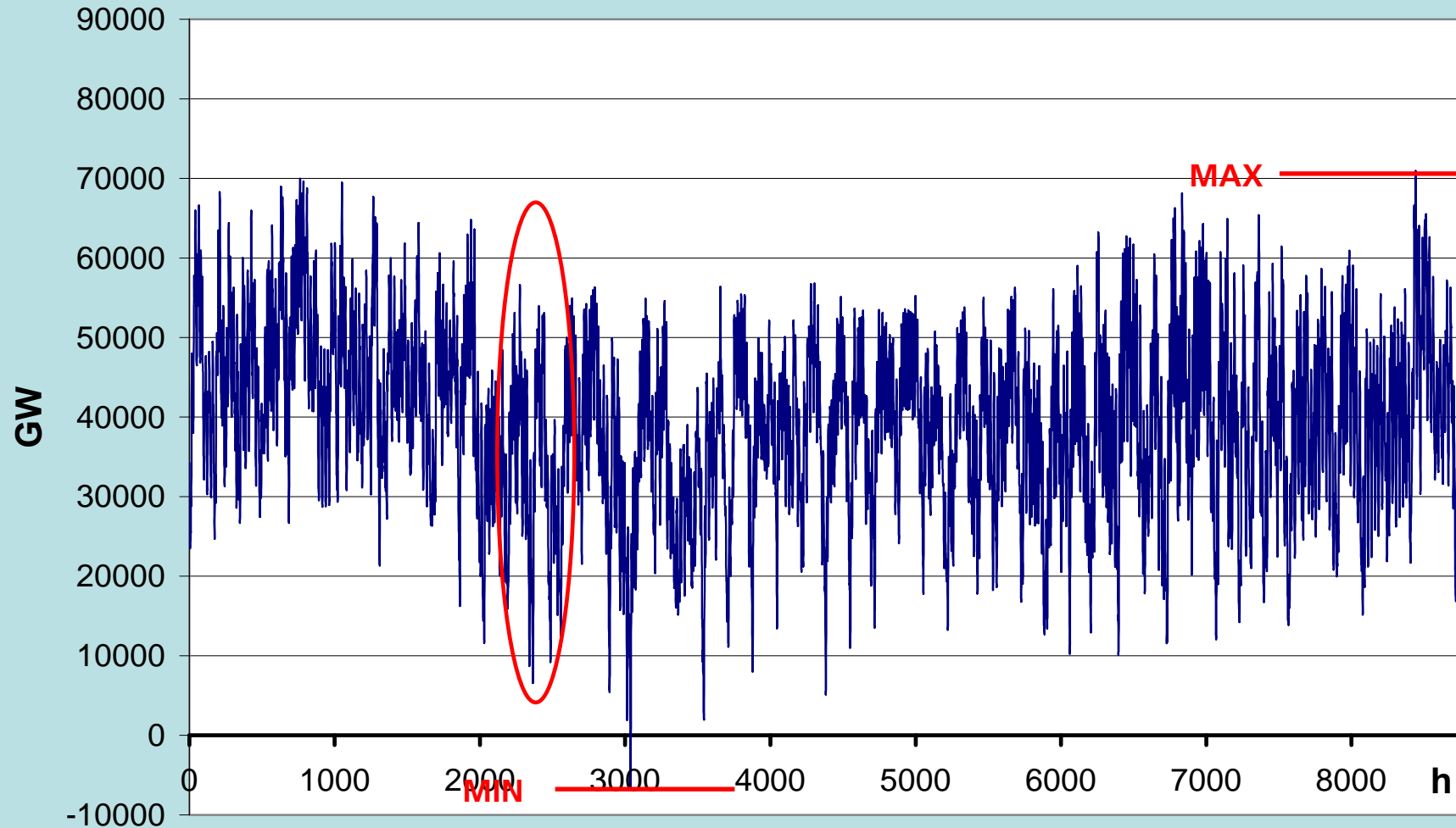
(2) Verbleibende Last nach Abzug der Stromerzeugung aus Fotovoltaik (2020)

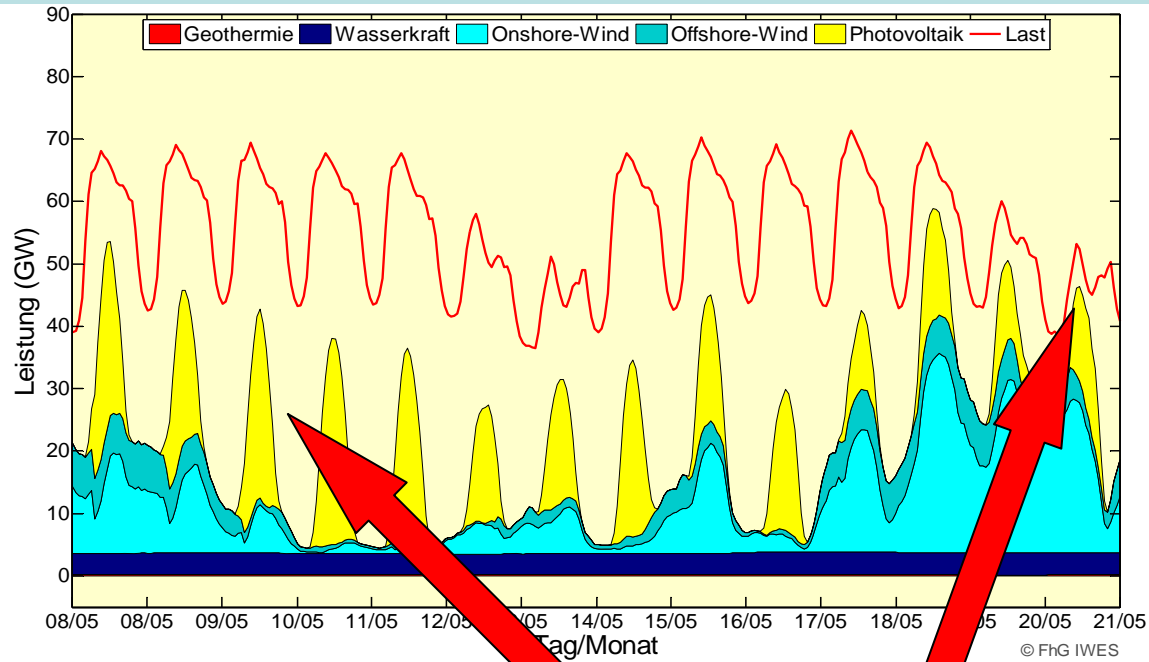


(3) Verbleibende Last und Stromerzeugung aus Windenergie im Jahr 2020



(4) Verbleibende Last nach Abzug von Fotovoltaik- und Windstrom (2020)

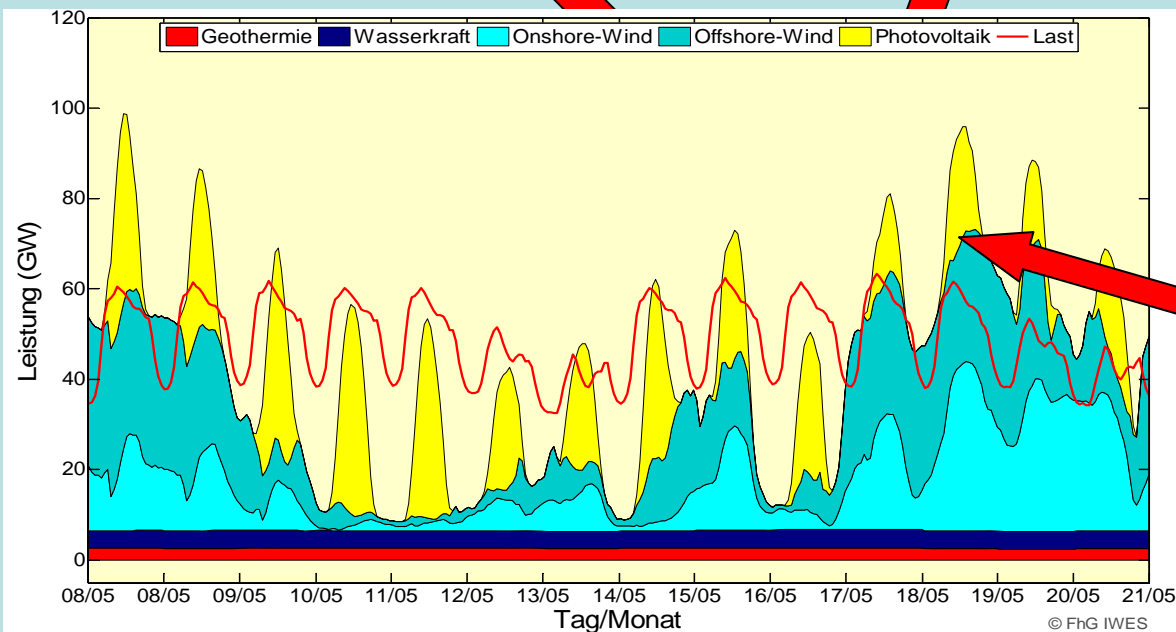




Die Leistungsbereitstellung konventioneller Kraftwerke muss zukünftig wesentlich flexibler werden

Beispiel: 2-Wochen -Verlauf im Mai Last ungesteuert; ohne Ausgleich durch Speicher und Lastmanagement

**Jahr 2020:
EE-Jahresanteil = 40%**



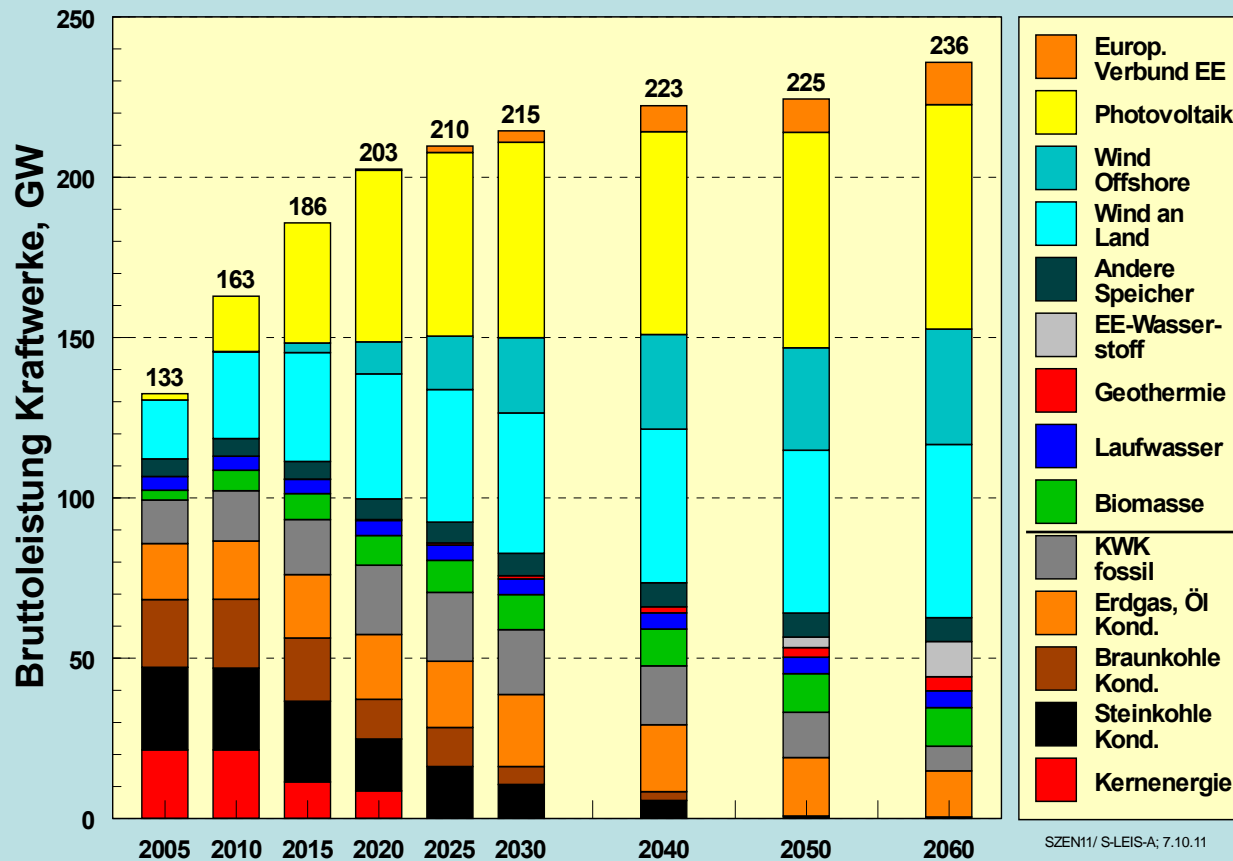
**Jahr 2050:
EE-Jahresanteil = ~ 85%**

Wachsende EE-Überschüsse erfordern neben leistungsfähigen Netzen auch eine Langzeitspeicherung. Dafür kommen Wasserstoff oder EE-Methan in Frage.

Stromerzeugungsstruktur für das Klimaschutzziel „ - 80%“

Eckdaten 2050: Stromerzeugung 574 TWh/a (2010: 618); Endenergie Strom 393 TWh/a (2010: 516)

- Szenario 2011 A -



Leistungen 2010 2050

Kernenergie:	21	-
Kohle:	53	4
Erdgas, Öl:	29	20
Bio, Geo,		
Wasser:	10	21
Wind, Sonne:	45	172
EE-H2 (CH4):	0	11
Andere Speicher :	5	8

Gesamt: 163 236

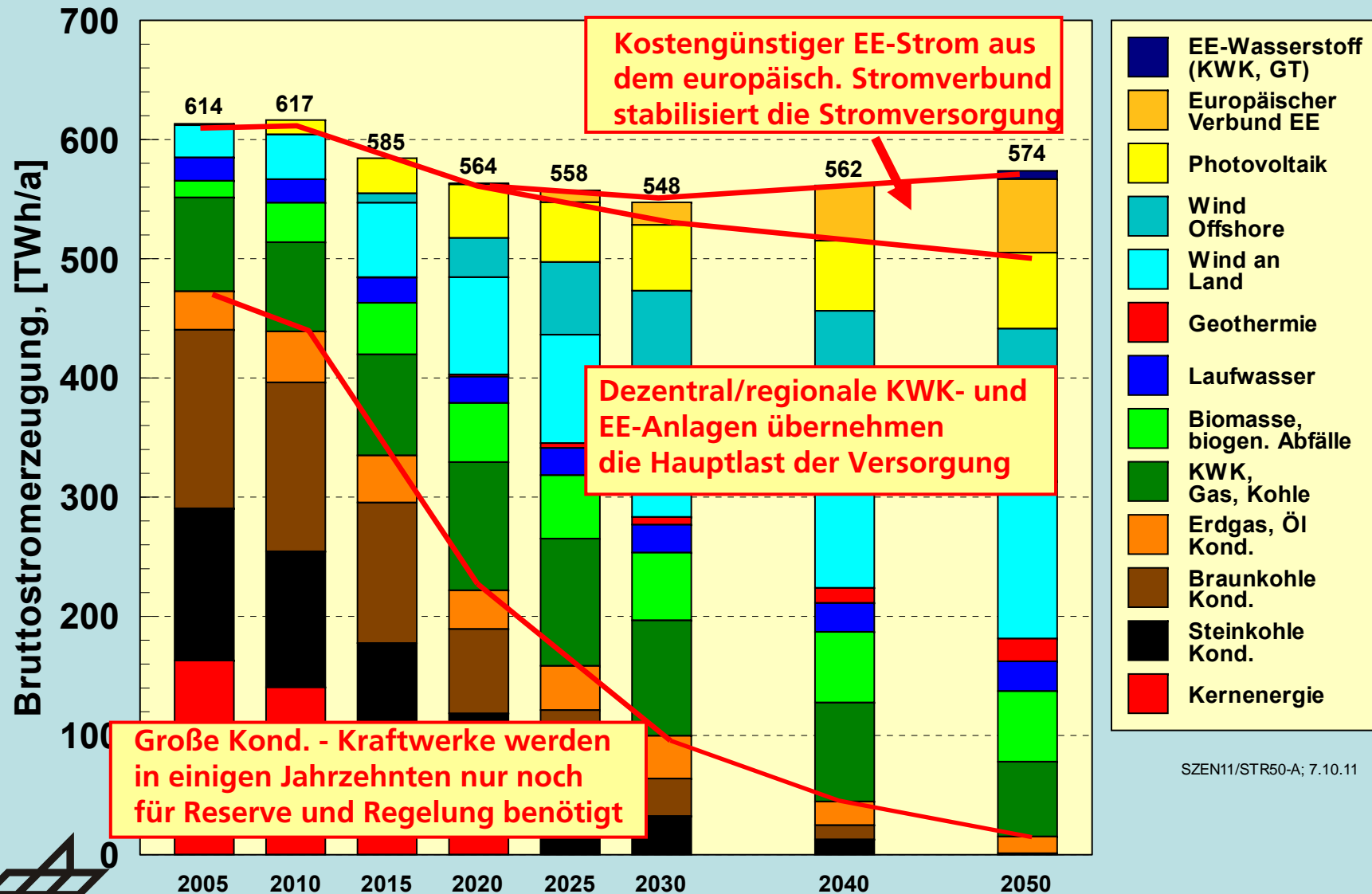
Gesichert: ~ 100 ~ 80

Höchstlast: 83 ~ 60



Die Stromerzeugungsstruktur wird sich bis 2050 völlig verändern

- Szenario 2011 A -



SZEN11/STR50-A; 7.10.11



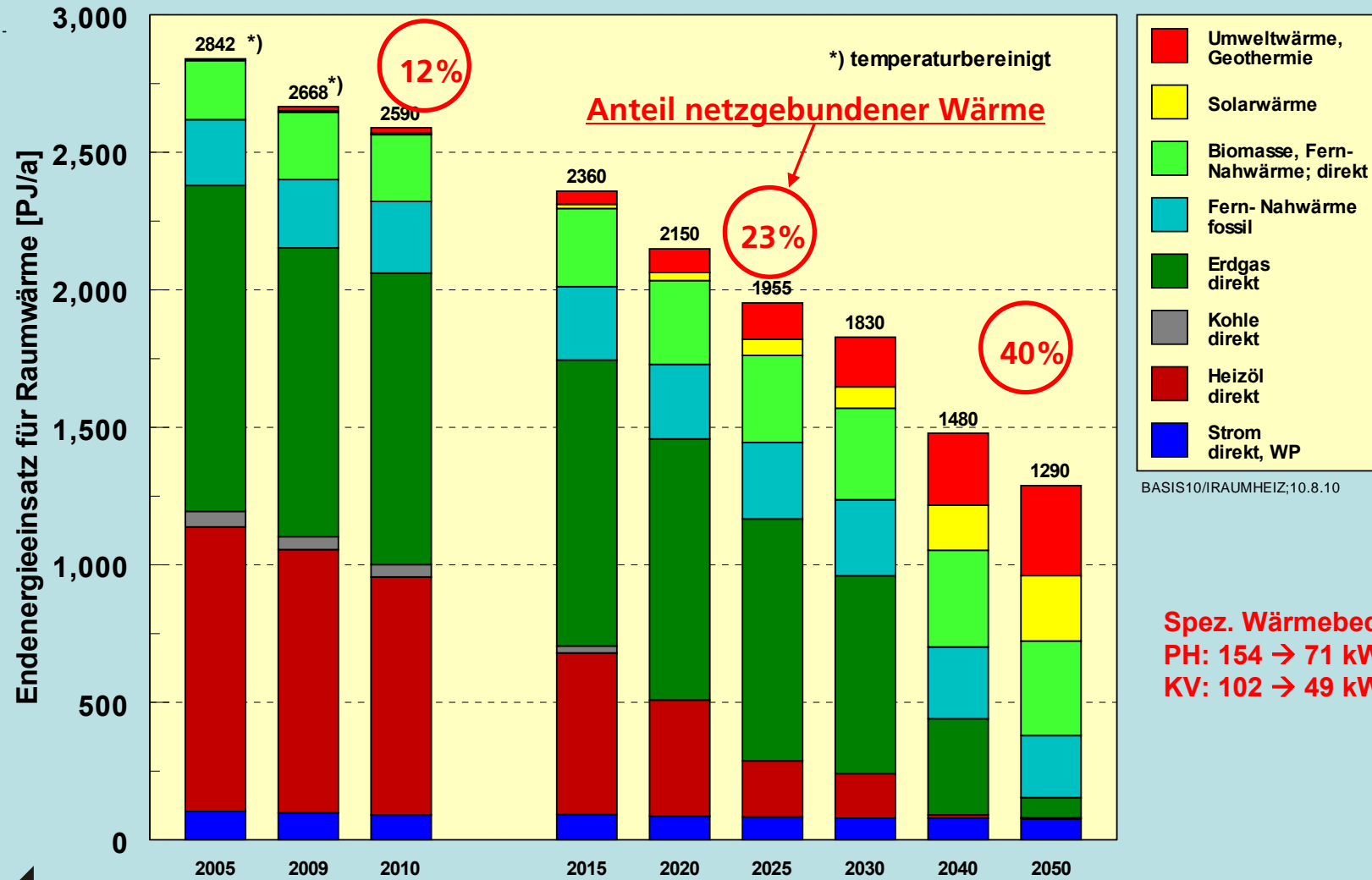
Herausforderungen an eine gesicherte Stromversorgung mit hohem EE-Anteil

- EE können der Stromversorgung längerfristig vollständig mit emissionsfreiem, klimaverträglichem Strom versorgen; ihr Beitrag zu einer jederzeit gesicherten Leistung ist aber deutlich geringer. Ein wachsender Teil des EE-Stromangebots ist fluktuierend und nicht beeinflussbar ; eine große Anzahl von Anlagen werden weitgehend dezentral bzw. großräumig verteilt angeordnet:
- **(1)** Zur Kompensation dieser Eigenschaften werden thermische Kraftwerke benötigt, die verstärkt die Residuallast in Teillastbetrieb bedienen, sowie häufige Starts, weite Regelbereiche und steile Leistungsgradienten zulassen. Die jährlichen Volllaststunden werden sich deutlich verringern → prädestiniert dafür sind Gaskraftwerke (GuD, BHKW, Gasturbinen); zusätzliche neue Kohlekraftwerke (nach ~ 2015) werden nicht mehr benötigt
- **(2)** Alle Netzebenen müssen für einen verstärkter Transport und Ausgleich von EE-Strom ertüchtigt werden; gleichzeitig gewinnen Lastmanagement (z.B. E-Mobilität) und Kurzzeitspeicher (Pumpspeicher, Batterien u. ä.) an Bedeutung.
- **(3)** Längerfristig werden Langzeitspeicher mit großen Kapazitäten erforderlich; das können aus heutiger Sicht nur chemische Energieträger sein (EE-H₂; EE-CH₄). Diese ermöglichen auch die Substitution von Mineralöl und Erdgas im Wärme- und Transportsektor bis hin zur Vollversorgung. Ein europäischer Stromgroßverbund (z.B. Pumpspeicher in Norwegen; Solarkraftwerke in Südeuropa und Nordafrika) kann dazu wesentliche Beiträge leisten.

Auch im Wärmesektor sind bis 2050 beträchtliche Strukturveränderungen erforderlich

- Beispiel: Energieverbrauch für Raumwärme -

- Basisszenario 2010 A -



Spez. Wärmebedarf:
 PH: 154 → 71 kWh/m²a
 KV: 102 → 49 kWh/m²a

Alle Sektoren der Energieversorgung müssen wesentlich zum Klimaschutz beitragen

Mio. t CO ₂ /a	2005	Minderung 2006 – 2020	2020	Minderung 2021 – 2050	2050
Elektrizität	309	61 *)	248	216 *)	32
Wärme	346	110	236	153	83
Verkehr	193	38	155	56	99
Gesamt	848	209	639	425	214

*) zusätzlich Kompensation CO₂-Minderung der Kernenergie:
75 Mio. t/a bis 2020; insgesamt: 94 Mio. t/a;



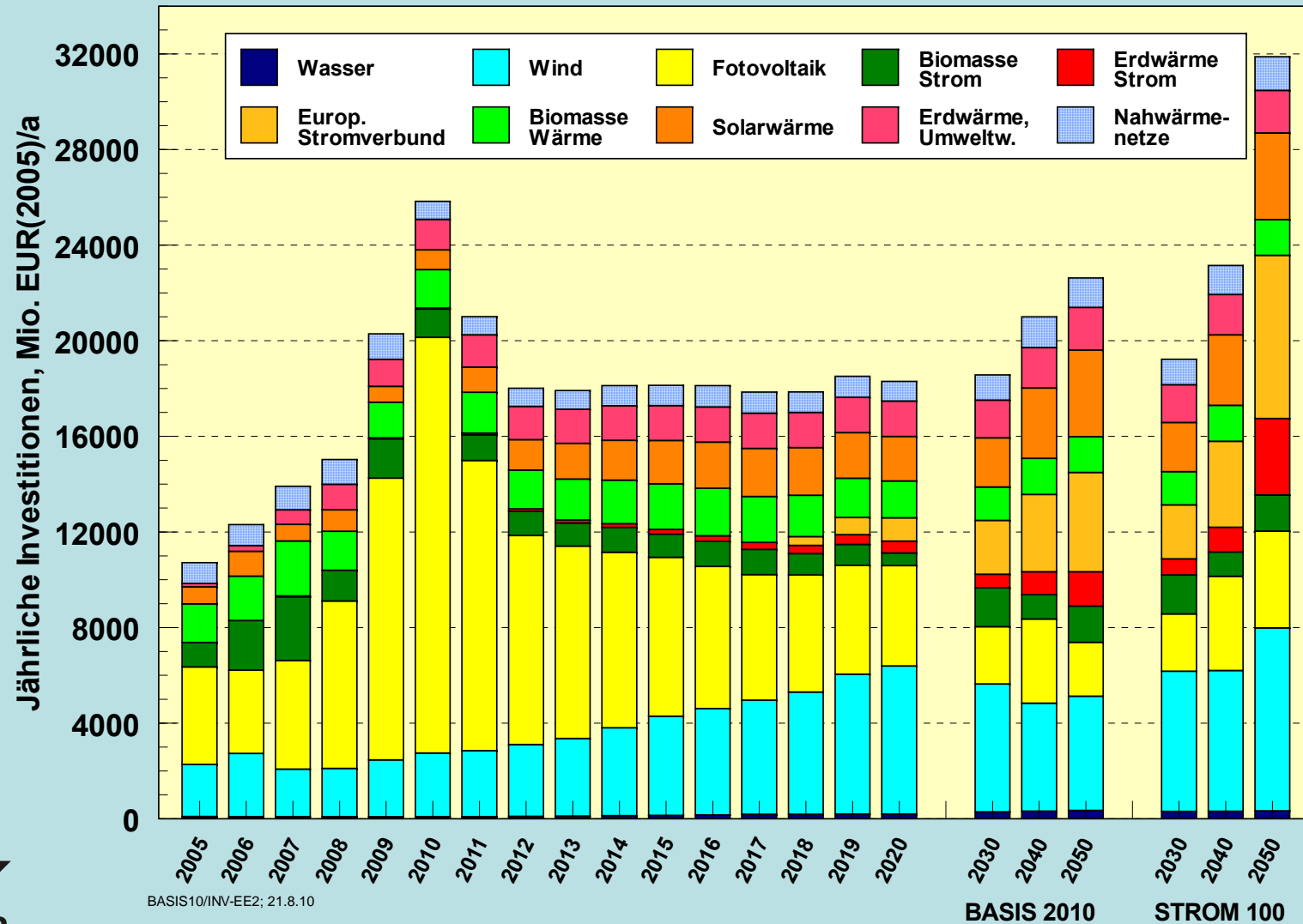
Der Umbau der Wärmeversorgung ist ebenso wichtig wie derjenige der Stromversorgung; der Verkehrssektor ist wegen (noch) starken Wachstums und begrenzter struktureller Möglichkeiten ein besonders problematischer Bereich



Investitionen sind nicht „Kosten“ !

Kostenstrukturen verschieben sich von Ausgaben (Import) für fossile Energieträger zu Kapitalkosten -

EE-Investitionen in Deutschland (Basisszenario 2010 und Szenario „100% EE-Strom“)



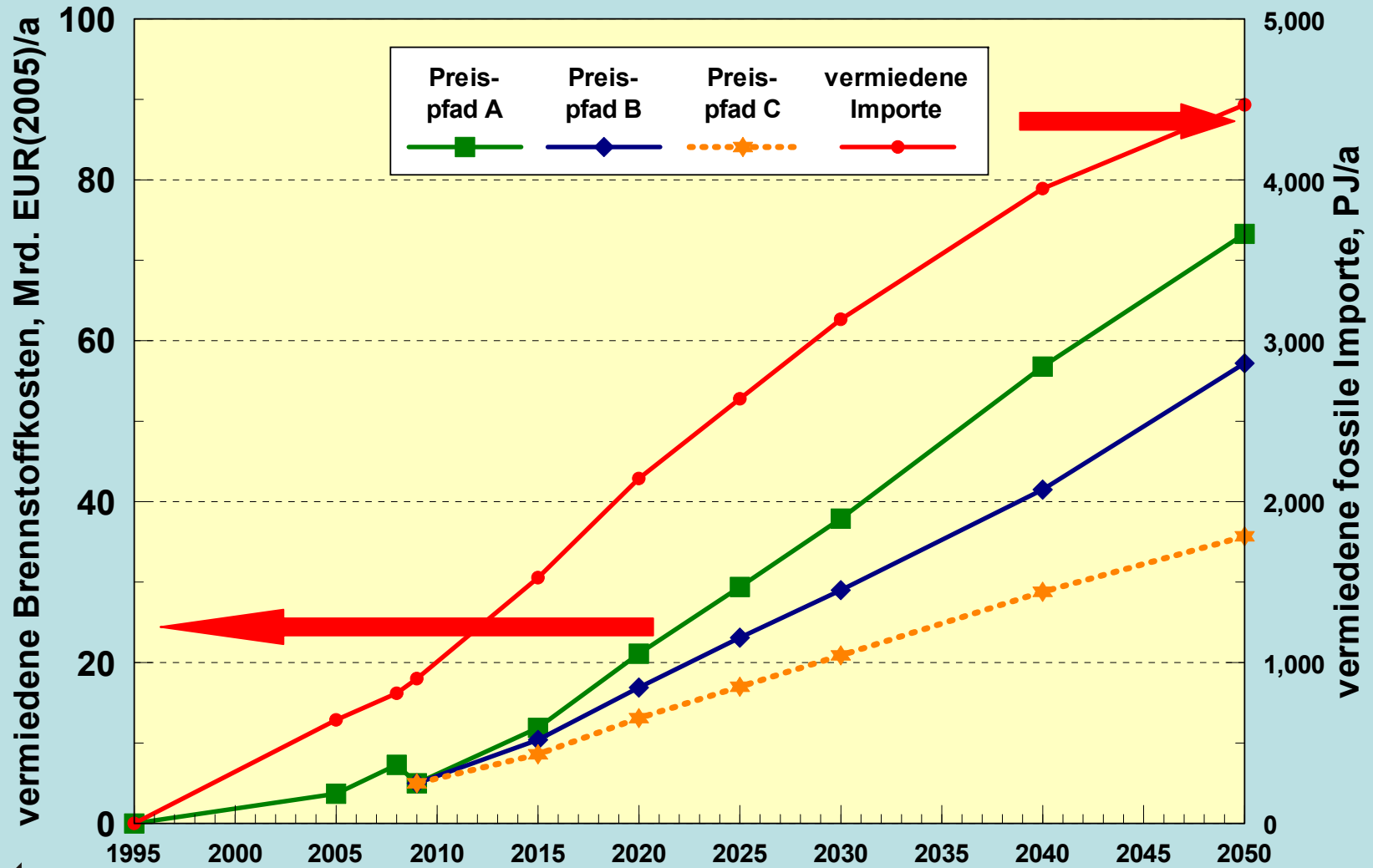
BASIS10/INV-EE2; 21.8.10

BASIS 2010

STROM 100

Beispiel: Durch erneuerbare Energien vermiedene Kosten für Import fossiler Energien

- Basisszenario 2010 A -

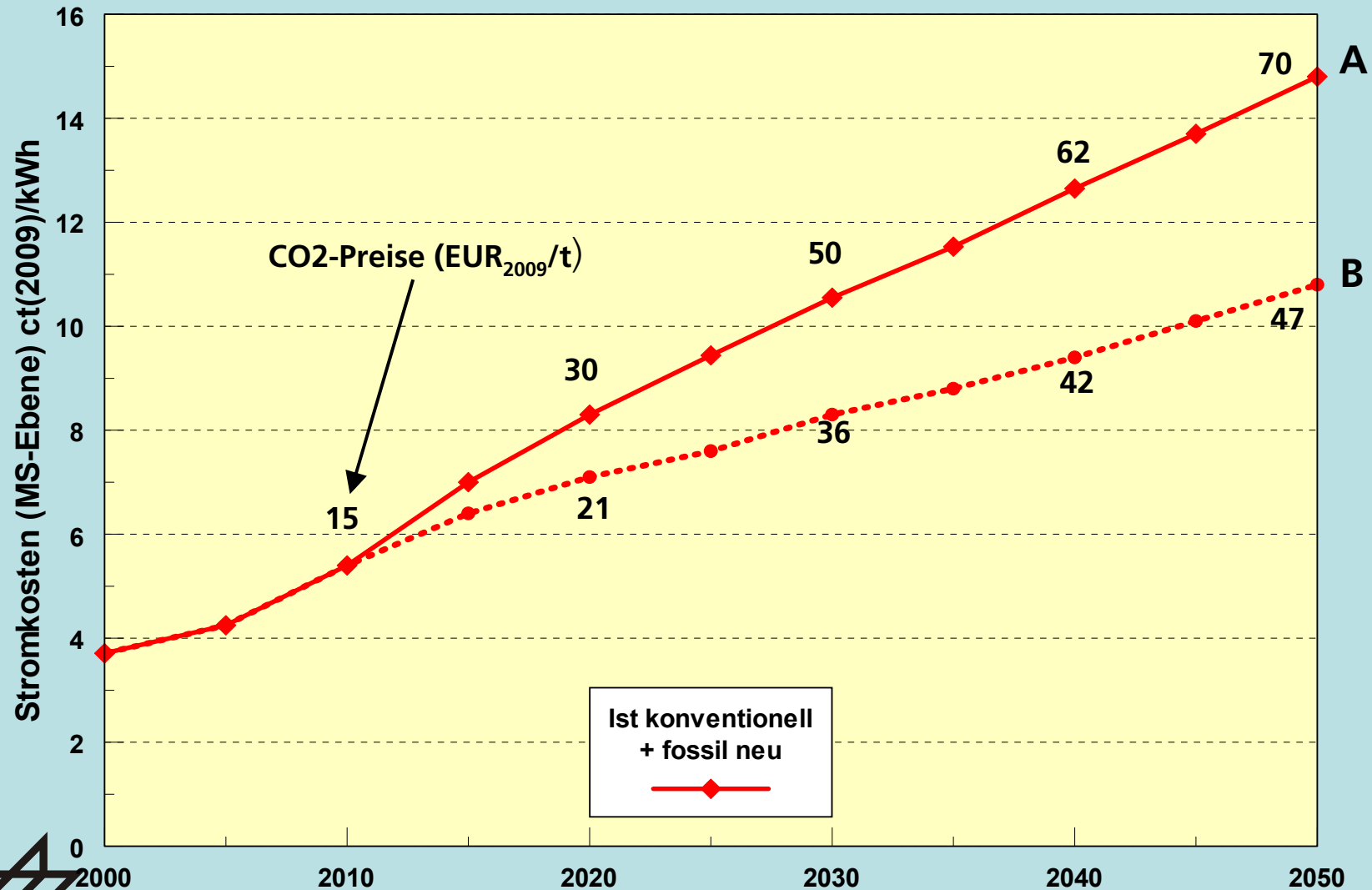


Basis10/vermimp; 20.9.10



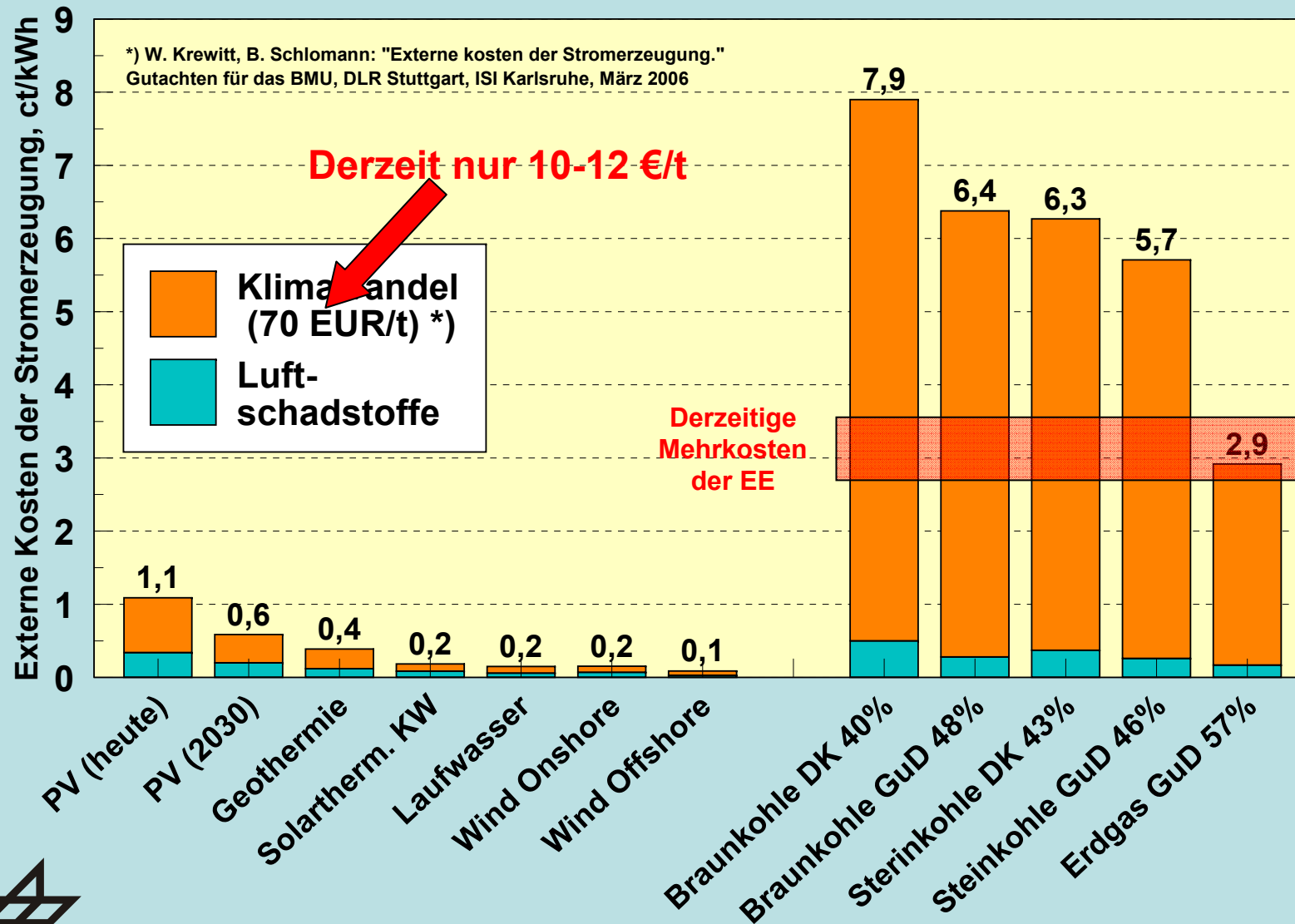
Energiebereitstellung wird zukünftig stetig teurer werden (Beispiel Stromerzeugung) - (nur) erneuerbare Energien können diese Entwicklung verhindern.

- LEITSZENARIO 2010; Preispfade A und B (mit CO₂-Aufschlag) -



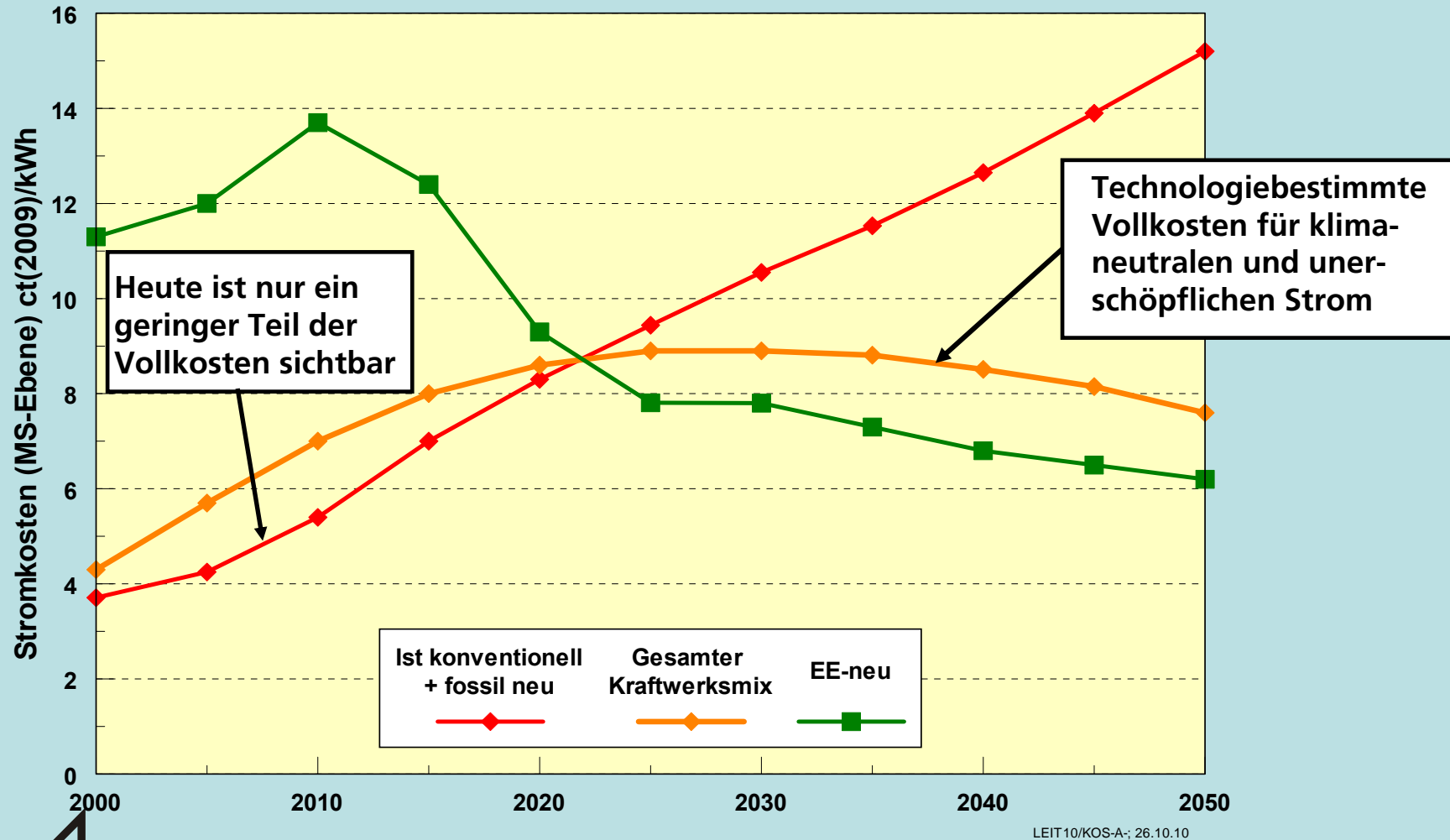
In der heutigen Energierechnung tauchen viele Kosten nicht oder kaum auf !

Beispiel: Umwelt- und Klimaschäden der fossilen Stromerzeugung



Erneuerbare Energien in Kombination mit Effizienzinvestitionen ermöglichen mittelfristig eine **preiswerte** und **kostenstabile** Energieversorgung

- LEITSZENARIO 2010; Preispfad A (mit CO2-Aufschlag) -



Schlussfolgerungen aus den Zielsetzungen des Energiekonzepts

- Die Zielsetzungen hinsichtlich EFF und EE sind grundsätzlich geeignet, das angestrebte (untere) THG-Minderungsziel für 2050 zu erreichen. Die Gewichtung von EFF- Zielen und EE - Zielen ist ausgewogen und sinnvoll; ihre Erfüllung erfordert **höchste Anstrengungen**
- Grenzen technischer Potenziale stellen keine grundsätzliche Einschränkung für die Nutzung von EE dar. Längerfristig kann auf nukleare und fossile Energien völlig verzichtet werden. Die Intensität der EE-Nutzung wird durch die Veränderungsgeschwindigkeit der strukturellen Randbedingungen und die **Qualität politischer Steuerungsinstrumente** bestimmt
- Für den EE-Ausbau existiert bisher nur für EE-Strom mit dem EEG ein ausreichend wirksames Instrument zur Erreichung der vorgegebenen (mittelfristigen) Ziele. In den anderen Segmenten (Wärme, Kraftstoffe) sind die Instrumente (noch) **nicht ausreichend bzw. unzulänglich**.
- Der angestrebten deutlichen absoluten Reduktion des Energieverbrauchs in allen Sektoren steht bisher kein durchgängiges Gesamtkonzept einer effektiven Verbesserung der Energieeffizienz gegenüber. Aus verschiedenen Einzelansätzen (z. B. Gebäudebereich) und Absichtserklärungen muss noch **ein wirksames Instrumentenpaket** gestaltet werden, das über bisherige Maßnahmen hinausgeht.
- Eine sachgerechte Bewertung von Energiekosten muss zwingend die Kosten des erforderlichen Klimaschutzes (bzw. die sonst anfallenden Schadenskosten) berücksichtigen. Erst dadurch zeigt sich der Sinn der erforderlichen „Vorleistungen“ für EE und EFF, die in einem absehbaren Zeitraum zu **beträchtlichen volkswirtschaftlichen Nutzen** führen werden.