

Wuppertal Institut
für Klima, Umwelt, Energie
GmbH

Dipl. Ing. Dietmar Schüwer / Dipl. Physiker Frank Merten
Forschungsgruppe 1 - Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen

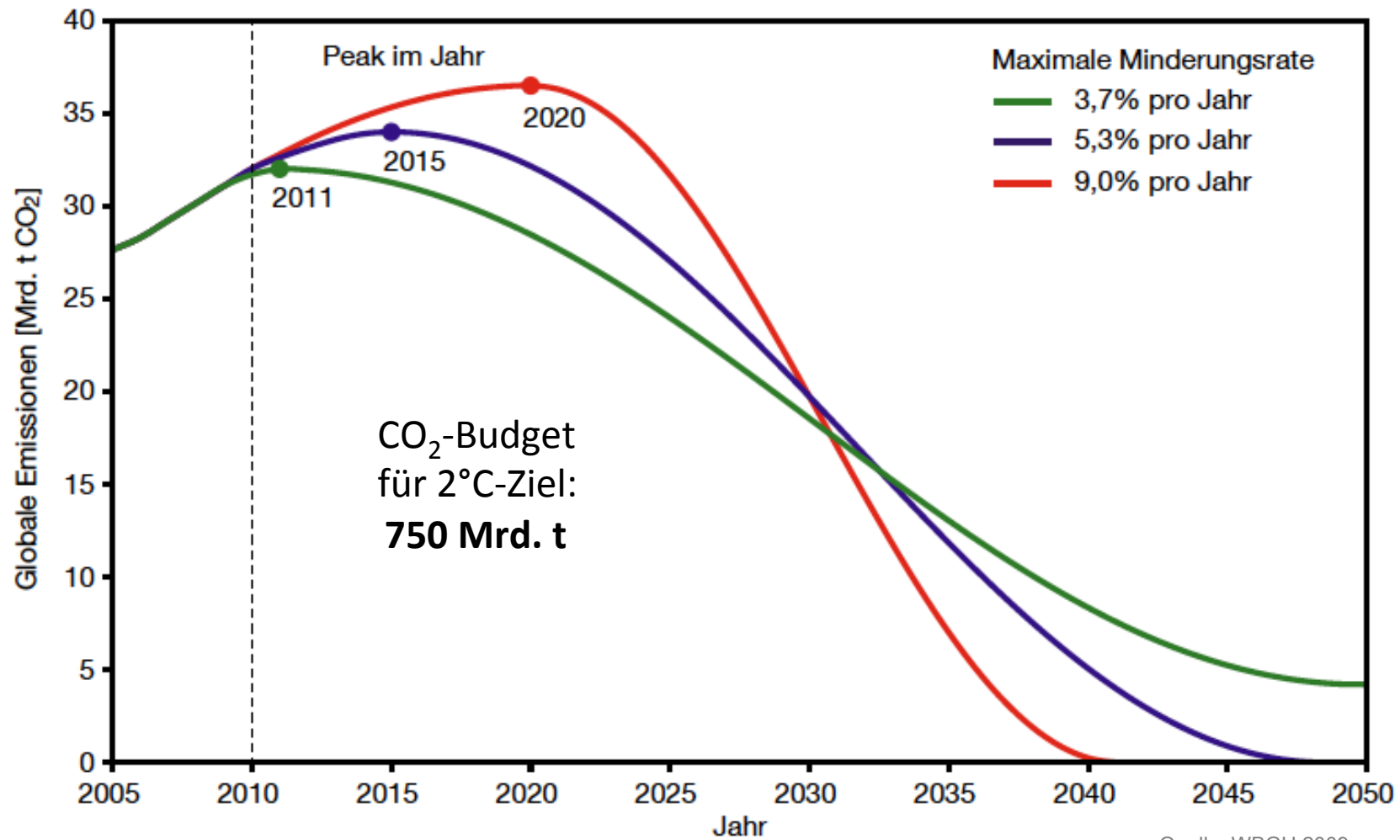
Wärmeversorgung der Zukunft / Alternativen zur Stromheizung

„Heizen mit Strom“

Veranstaltung des Umweltamtes der Stadt Düsseldorf
in Kooperation mit der Verbraucherzentrale NRW
Düsseldorf, 26. September 2012

Herausforderung Klimawandel

Budgetansatz: Jährliche THG-Reduktion abhängig vom Umkehrpunkt

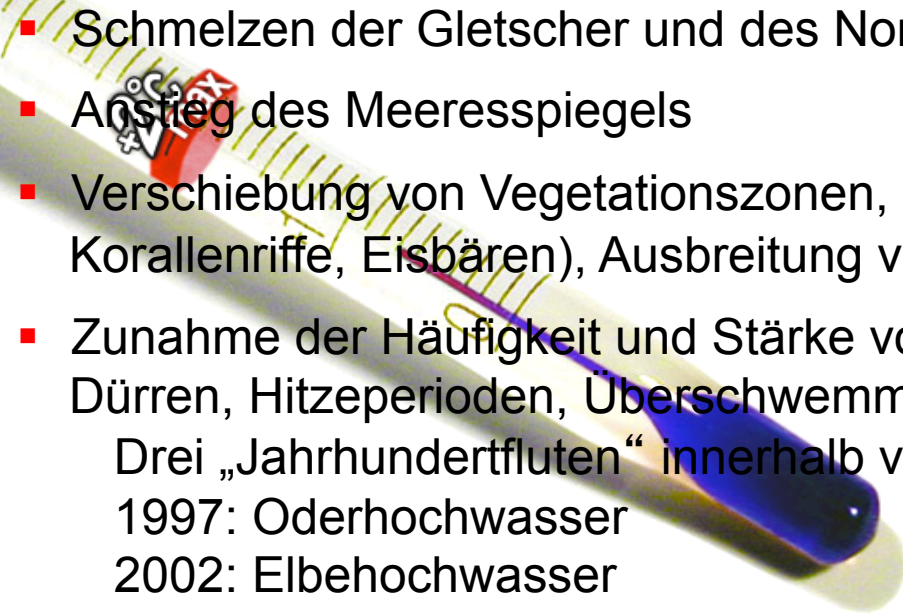


Klimawandel als Realität: Extremwetterereignisse

Hurricanes, Überschwemmungen, Dürren, Waldbrände

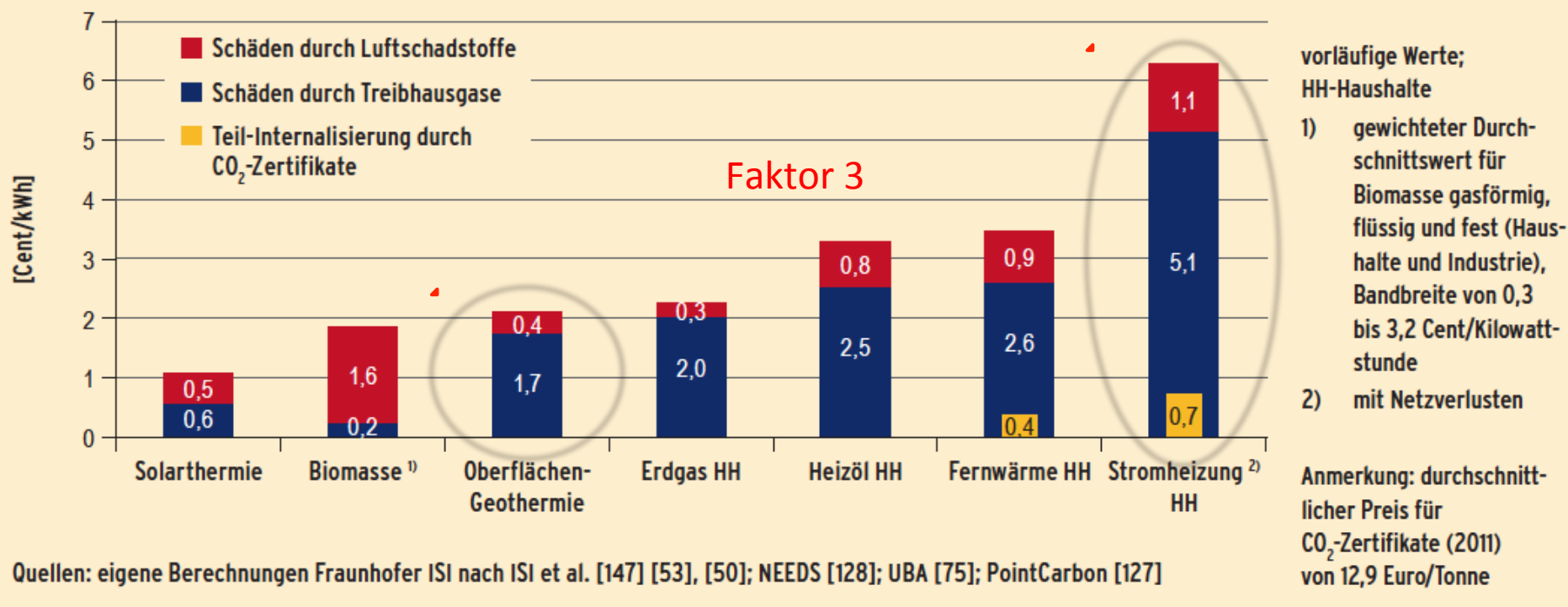


Mögliche Klimaauswirkungen

- 
- Schmelzen der Gletscher und des Nordpolareises
 - Anstieg des Meeresspiegels
 - Verschiebung von Vegetationszonen, Wüstenausbreitung, Artensterben (z.B. Korallenriffe, Eisbären), Ausbreitung von Krankheiten
 - Zunahme der Häufigkeit und Stärke von Extremwetterereignissen (Stürme, Dürren, Hitzeperioden, Überschwemmungen...)
 - Drei „Jahrhundertfluten“ innerhalb von nur acht Jahren!
 - 1997: Oderhochwasser
 - 2002: Elbehochwasser
 - 2005: Hochwasser Bayrische Alpen / Schweiz / Österreich
 - Auftauen der sibirischen Permafrostböden (Rückkopplungseffekte!)
 - Versauerung der Ozeane
 - Gefahr irreversibler **Kippelemente** (aprupter Klimawandel):
Absterben der Amazonas-Regenwälder, Destabilisierung der thermohalinen Strömung (Golfstrom), Monsunveränderungen...

Externe Kosten belasten die Allgemeinheit und werden bisher nur ansatzweise (verursachergerecht) internalisiert

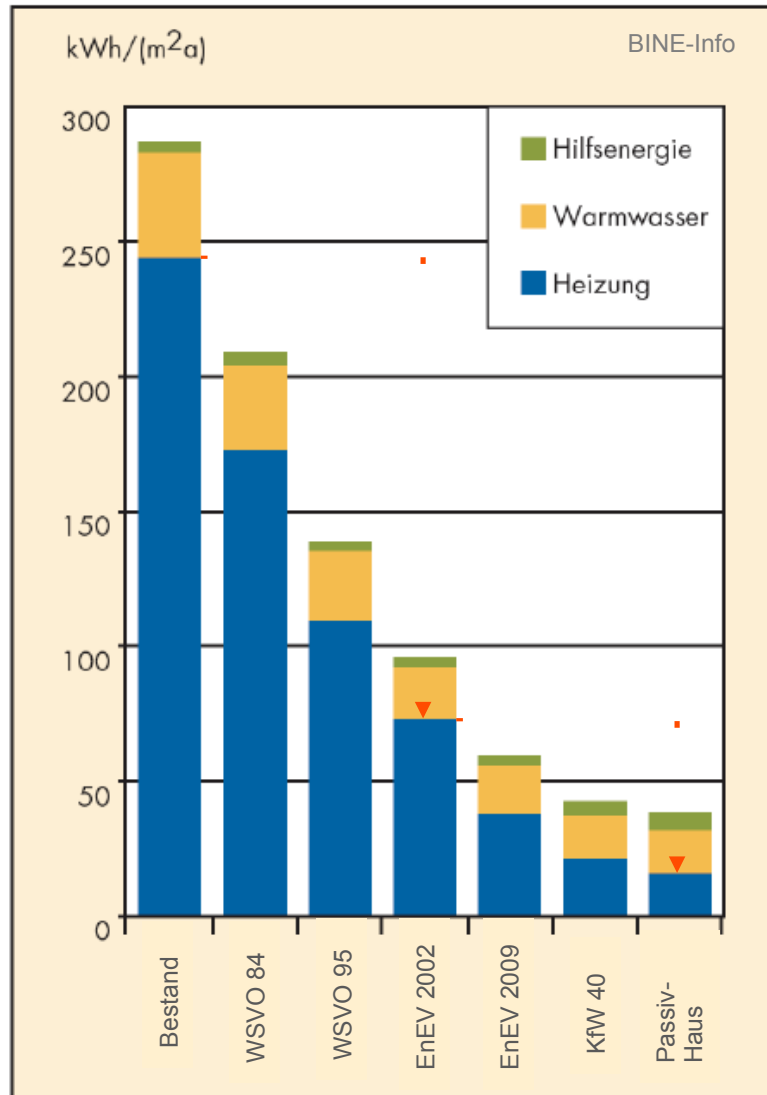
Spezifische Umweltschäden und CO₂-Kosten in Cent pro Kilowattstunde Wärme nach Energieträgern im Jahr 2011



„Bester Schätzwert“ für durch erneuerbare Energien vermiedenen Klimaschäden: 80 Euro pro Tonne CO₂

Quelle: BMU 2012

Die gewaltigen Effizienzpotenziale im Bereich Gebäude können und müssen gehoben werden



Neubau / Modernisierung nach EnEV (bis 2008) vs. Altbau



70 statt 240 kWh/(m²a)
 → - 71 %

Passivhäuser vs. EnEV-Standard



15 statt 70 kWh/(m²a)
 → - 79 %

Überblick über verfügbare Technologien und Brennstoffe

	BRENNSTOFFE		TECHNOLOGIEN																
Wärme	<u>Fossil</u> <table border="1"> <tr><td>Erdgas</td></tr> <tr><td>Heizöl</td></tr> </table>	Erdgas	Heizöl	<u>Regenerativ</u> <table border="1"> <tr><td>fest</td><td>Holz</td></tr> <tr><td>flüssig</td><td>Pflanzenöl</td></tr> <tr><td>gasförmig</td><td>Biogas</td></tr> <tr><td colspan="2">Solarstrahlung</td></tr> </table>	fest	Holz	flüssig	Pflanzenöl	gasförmig	Biogas	Solarstrahlung		<table border="1"> <tr><td>0) NT-Heizung</td></tr> <tr><td>Brennwert-Heizung</td></tr> <tr><td>1) Holz-Heizung (Kessel/Ofen)</td></tr> <tr><td>2) Solarkollektor</td></tr> <tr><td>3) Elektro- / Gas-Wärmepumpe</td></tr> <tr><td>(Stromdirektheizung)</td></tr> </table>	0) NT-Heizung	Brennwert-Heizung	1) Holz-Heizung (Kessel/Ofen)	2) Solarkollektor	3) Elektro- / Gas-Wärmepumpe	(Stromdirektheizung)
	Erdgas																		
Heizöl																			
fest	Holz																		
flüssig	Pflanzenöl																		
gasförmig	Biogas																		
Solarstrahlung																			
0) NT-Heizung																			
Brennwert-Heizung																			
1) Holz-Heizung (Kessel/Ofen)																			
2) Solarkollektor																			
3) Elektro- / Gas-Wärmepumpe																			
(Stromdirektheizung)																			
	<table border="1"> <tr><td>Strom (fossil)</td></tr> <tr><td>Strom (Deutschlandmix)</td></tr> </table>	Strom (fossil)	Strom (Deutschlandmix)																
Strom (fossil)																			
Strom (Deutschlandmix)																			
KWK	<table border="1"> <tr><td>Erdgas</td></tr> <tr><td>Heizöl</td></tr> </table>	Erdgas	Heizöl	<table border="1"> <tr><td>fest</td><td>Holz</td></tr> <tr><td>flüssig</td><td>Pflanzenöl</td></tr> <tr><td>gasförmig</td><td>Biogas</td></tr> <tr><td colspan="2">Solarstrahlung</td></tr> </table>	fest	Holz	flüssig	Pflanzenöl	gasförmig	Biogas	Solarstrahlung		<table border="1"> <tr><td>4) Motor-BHKW</td></tr> <tr><td>Mikro-Gasturbine</td></tr> <tr><td>Dampfmotor</td></tr> <tr><td>Stirlingmotor</td></tr> </table>	4) Motor-BHKW	Mikro-Gasturbine	Dampfmotor	Stirlingmotor		
Erdgas																			
Heizöl																			
fest	Holz																		
flüssig	Pflanzenöl																		
gasförmig	Biogas																		
Solarstrahlung																			
4) Motor-BHKW																			
Mikro-Gasturbine																			
Dampfmotor																			
Stirlingmotor																			

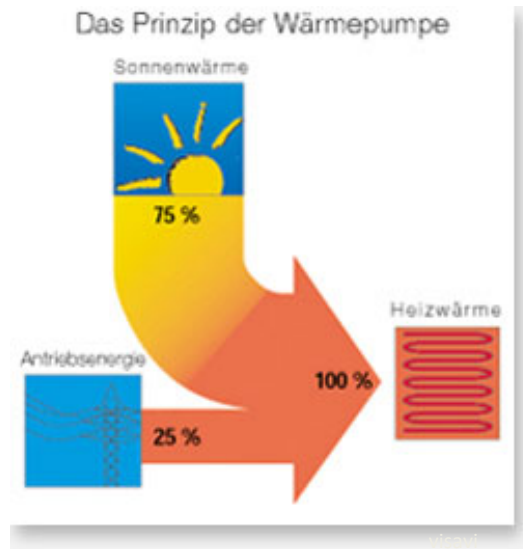
Alternative Heizungstechnologien (3 Beispiele)

1) Solarthermie (+ Erdgas- / Öl- / Holzheizung)

65% Warmwasserbedarf
20% bis 50% Heizwärmebedarf
→ Backup-System erforderlich

Keine Brennstoffkosten
→ Größte Unabhängigkeit und Preisstabilität!

Dachfläche (SO bis SW) erforderlich



3) Holzpellettheizung

100% WW- und Heizwärmebedarf

(Nahezu) CO₂-neutrale Heizung

Komfortabel

Nachwachsender Rohstoff
→ geringere Preisrisiken als bei fossilen Brennstoffen

Lagerraum erforderlich (optimal bei Umrüstung von Heizöl!)



2) Wärmepumpe (Strom)

bis zu 100% WW- und Heizwärmebedarf

Ökologisch und ökonomisch nur sinnvoll für gut gedämmte Gebäude (JAZ >> 3)!

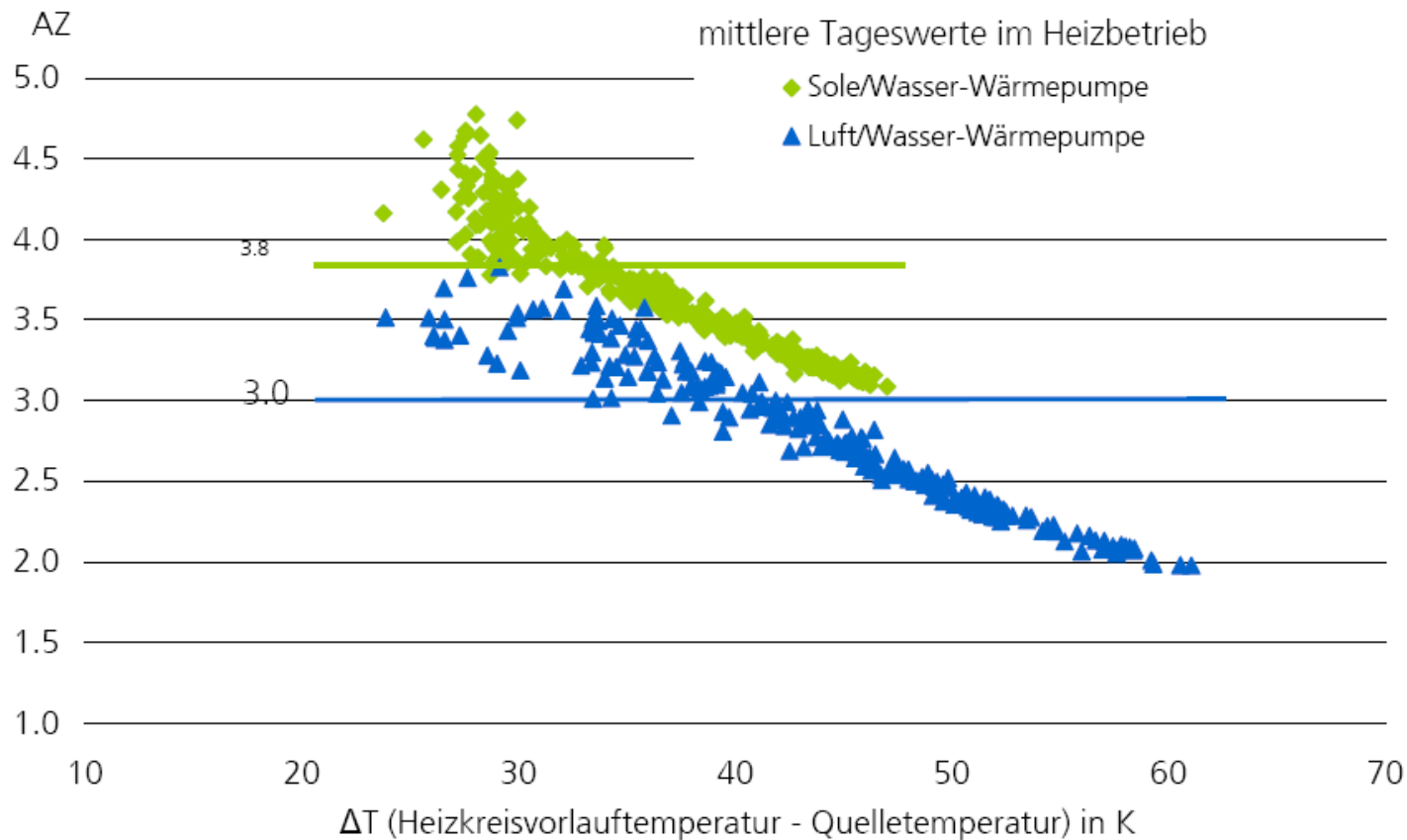
Sorgfältige Auslegung (Flächenheizung) erforderlich!

Wärmequelle erf. (optimal: Erdreich)

Abhängigkeit von Strom



Tages-Arbeitszahlen von Wärmepumpen und Temperaturhub

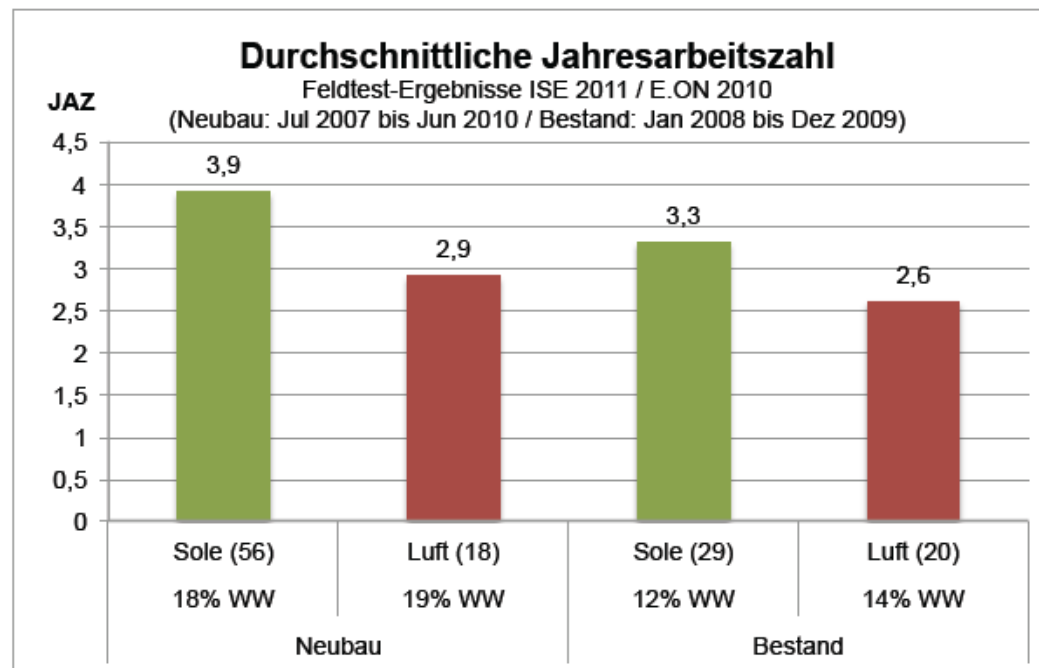


Arbeitszahl in der Heizzeit (nur Heizung) auf der Basis von Tagesmittelwerten (Zeitraum 11/07 – 10/08). Temperaturhub, den die WP überwinden muss, zwischen Umweltmedium und HeizkreisVorlauf .

Quelle: Christel Russ, Marek Miara, Michael Platt: „Untersuchungen zum Einsatz von Wärmepumpen im Gebäudebestand“ , Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme Freiburg, (2009), Bild 10, S.10

Erfahrungen aus der Praxis: Feldtest Elektro-WP (ISE 2010 / 2011)

Ziele: Bestimmung der Wärmepumpeneffizienz
Identifikation von Optimierungsmöglichkeiten bei der Installation und Regelung



WP Effizienz (im Neubau)

- 110 Wärmepumpensysteme in Neubauten (Einfamilienhäuser)
- Projektpartner:
7 WP-Hersteller (Alpha-InnoTec, Bosch Thermotechnik, Hautech, Nibe, Stiebel Eltron, Vaillant und Viessmann), E.ON und EnBW
- Förderung durch BMWi

WP im Gebäudebestand E.ON

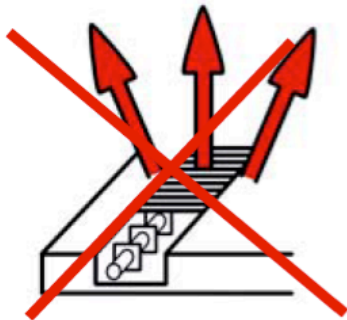
- 80 Wärmepumpensysteme in Bestandsgebäuden (überwiegend Einfamilienhäuser)
- WP als Ersatz für den Ölkessel ohne Sanierungsmaßnahmen am Gebäude
- Projektträger: E.ON Energie AG München

Effizienz der Wärmeverteilung

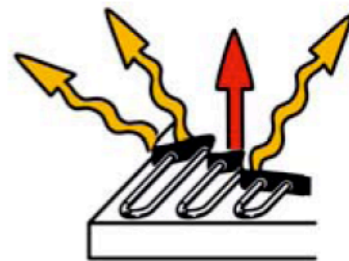
Flachheizkörper
50–70 °C



Radiator
70–90 °C



Konvektor
70–80 °C



Fußbodenheizung
30–40 °C

EnergieAgentur.NRW

Niedrige Heizungsvorlauftemperaturen mit Flächenheizung (Fußboden- oder Wandheizung)

- für Brennwerttechnik und Solarheizung **günstig** und
- für Elektro-Wärmepumpe **essentiell!**

Alternative Heizungstechnologien:

4) Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Erprobte Technologien (Große KWK)

- Gasturbinen
- Dampfturbinen
- GuD-Anlagen
- Motor-BHKW



Mini-BHKW Ecopower (Vaillant)
1,3 - 4,7 kW_{el}
4,0 - 12,5 kW_{th}



Erdgas-Stirling (Whispergen)
1 kW_{el} / 7,5 - 14,5 kW_{th}

Stromgeführte Fahrweise mit
großem Wärmespeicher
→ Systemdienstleistung zur
Integration erneuerbarer
Stromquellen (Wind / PV)!

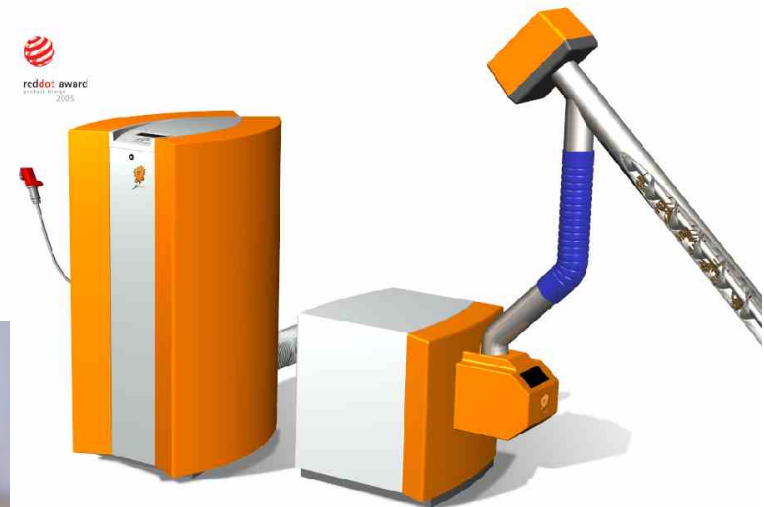


VW-BHKW „Bluepower“ (Lichtblick)
20 kW_{el} / 34 kW_{th}

„Neue“ Technologien (Kleine KWK)

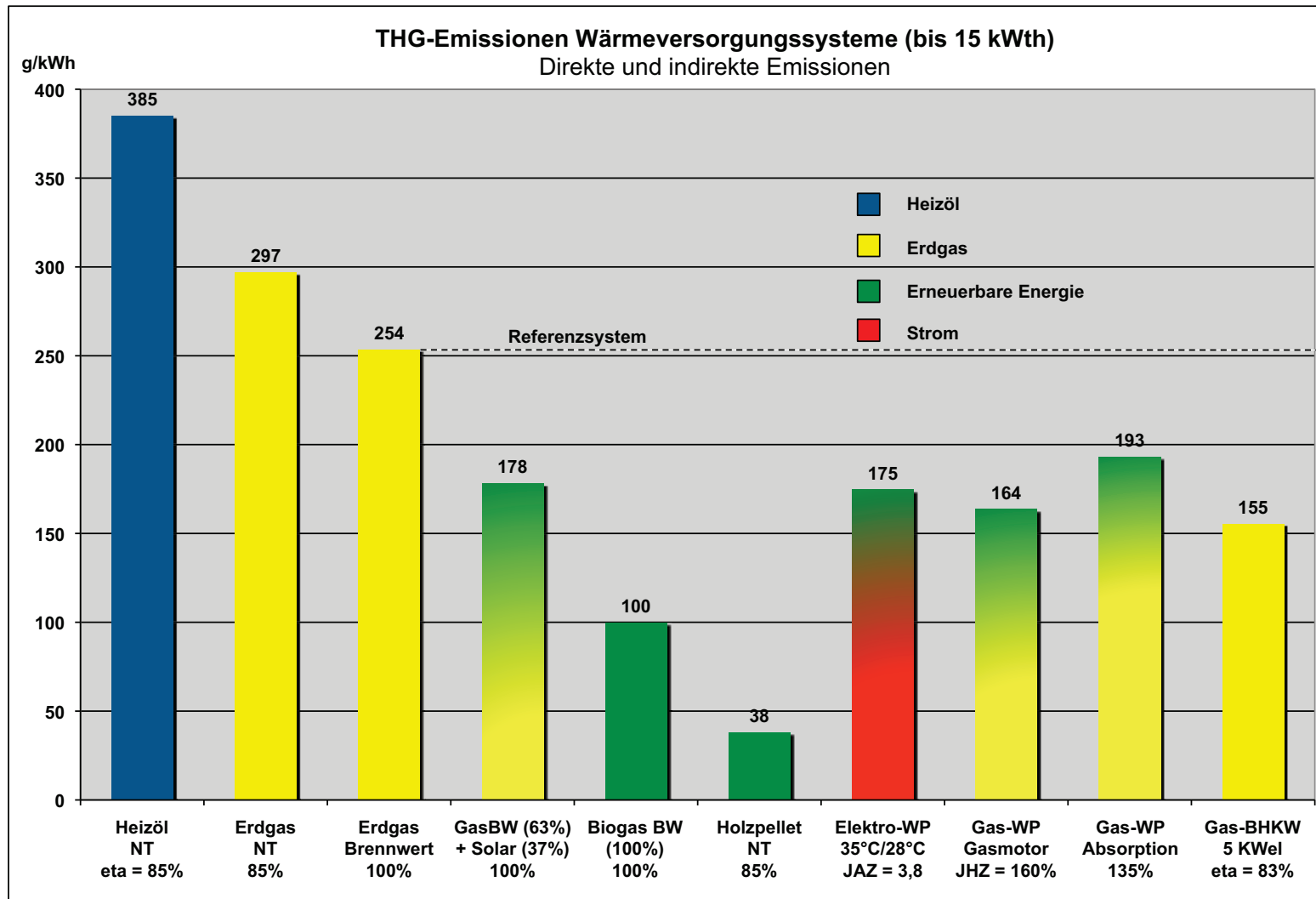
- Mikro-Gasturbinen & Mini-BHKW
- Stirlingmotor
- Dampfmotoren
- Brennstoffzelle

→ www.stromerzeugende-heizung.de



Dampflinienmotor lion energ
in Pelletausführung (Prototyp)
0,6 - 3,0 kW_{el}
4,5 - 16 kW_{th}

Innovative Heizungstechnologien im Vergleich: THG-Emissionen und Integration erneuerbarer Energien



EE-Anteile:
25 bis 100 %



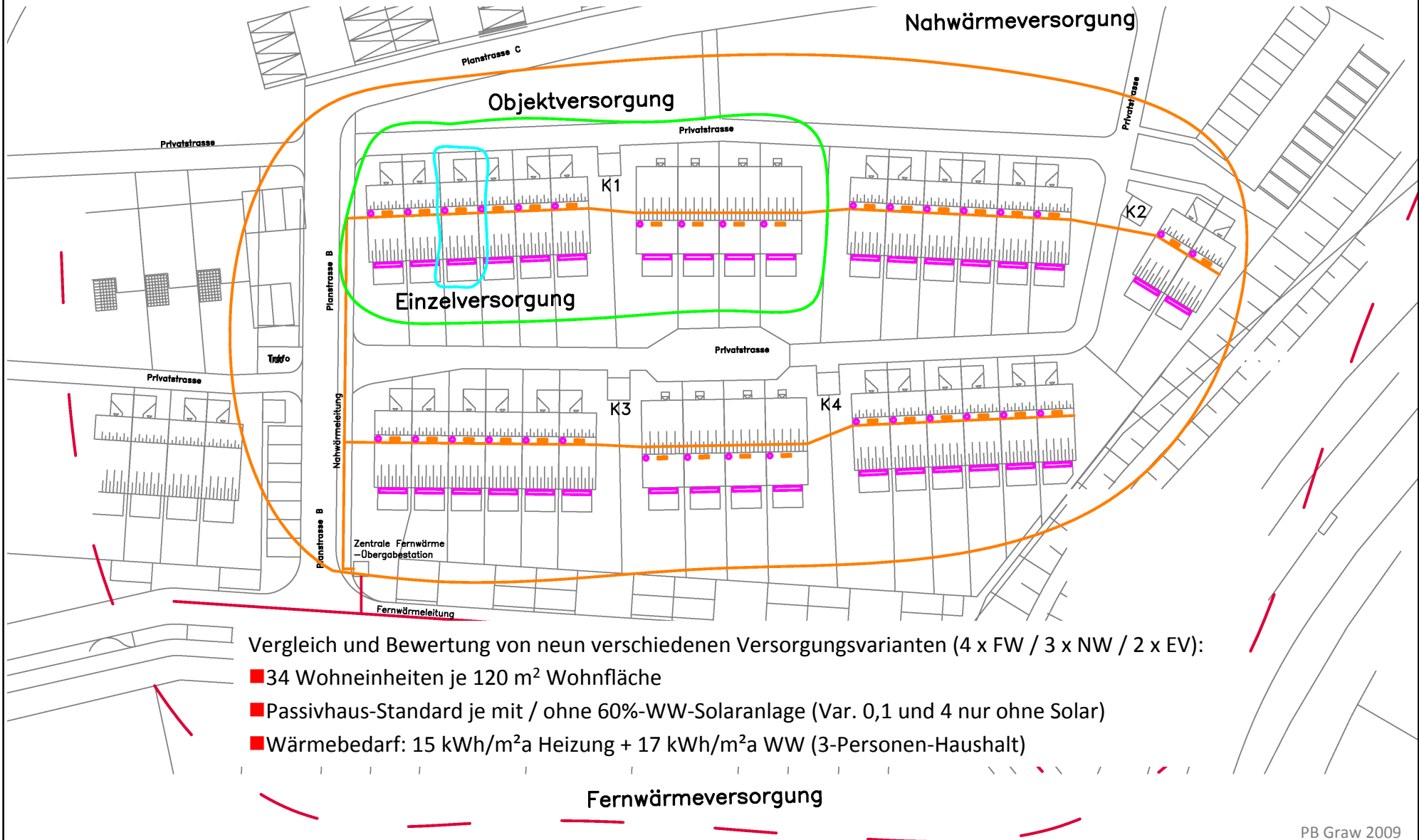
THG-Einsparung
vs. Referenz:
25 bis 85 %

Quelle: Eigene Berechnungen mit GEMIS 4.2 bzw. 4.4

BMU-Projekt „Energiebalance“

Teilprojekt „Vergleich von Versorgungsoptionen auf Quartiersebene“

Bilanzgrenzen der Untersuchung

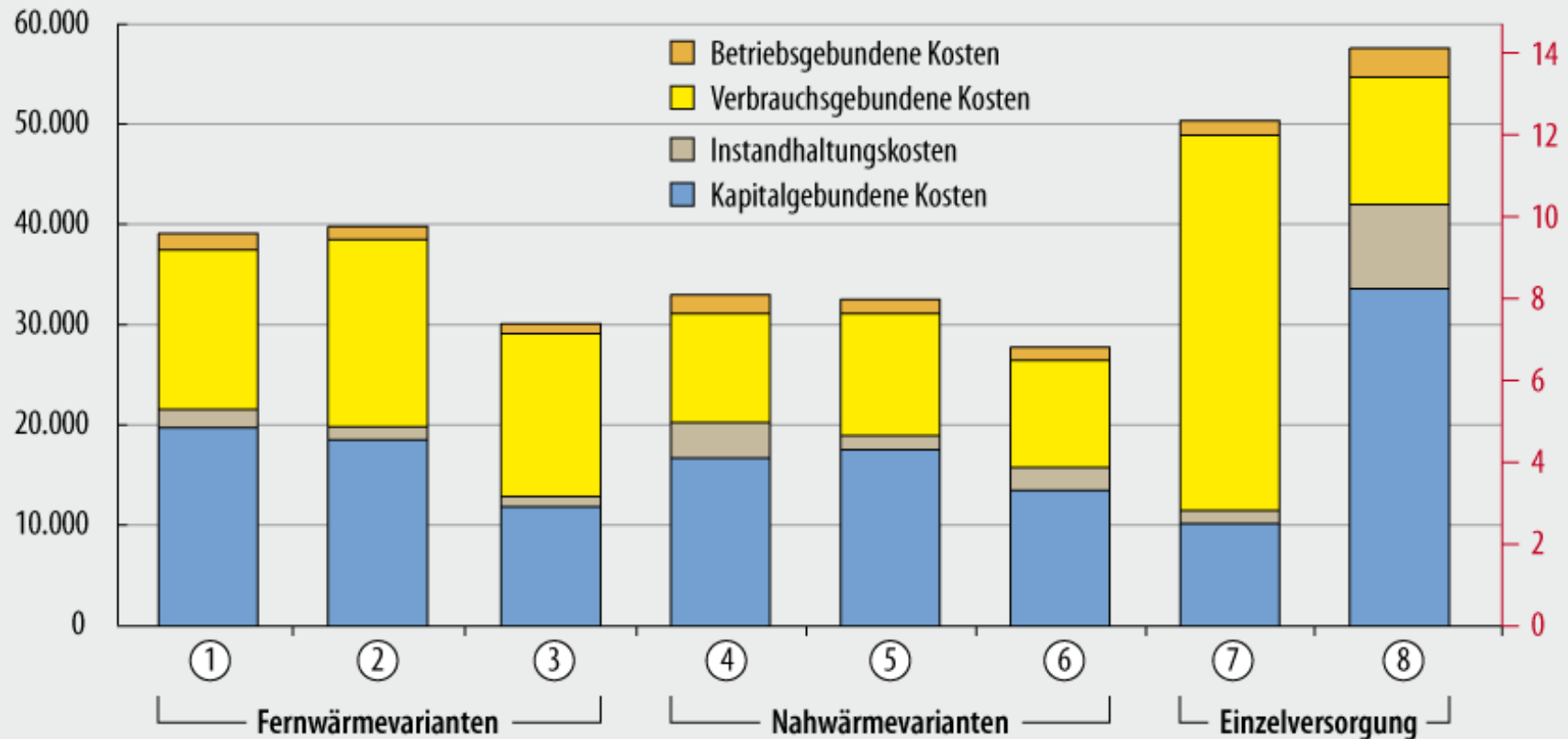


PB Graw 2009

Wirtschaftlichkeit: Gesamtjahreskosten (VDI 2067)

Gesamtjahreskosten (mit 3,5 % Energiepreissteigerung)
[in EUR/a]

zum Vergleich ZWP-Studie (Bestand):
15 bis 40 EUR/m²/a nur Stromkosten! [EUR/m²a]



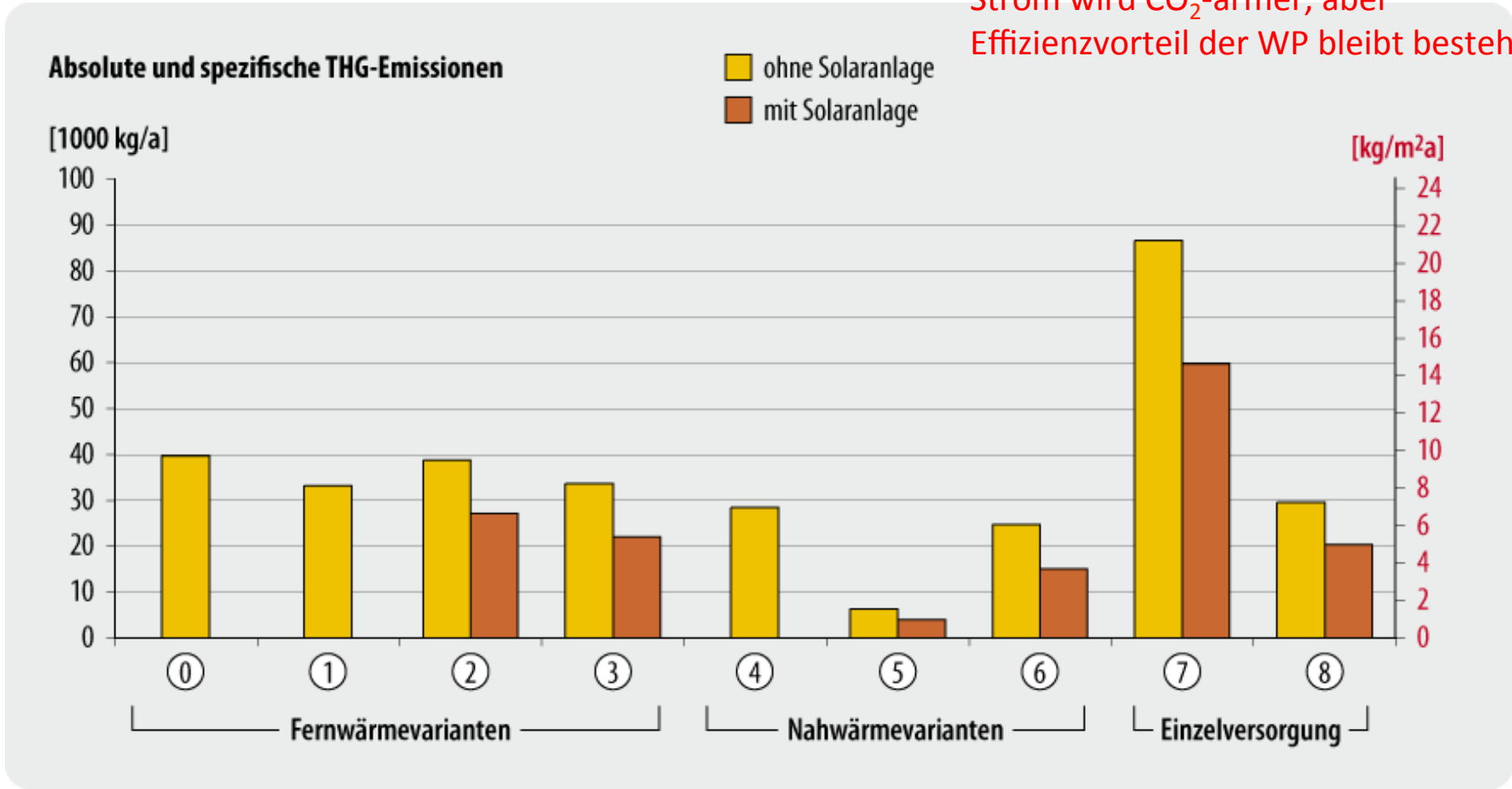
- 1 Verlegung durch Häuser
- 2 Kopfstationen
- 3 Zentraler WT / durch Häuser

- 4 Zentrales BHKW
- 5 Holzpellets Kopfstationen
- 6 Kalte Nahwärme

- 7 Strom Direktheizung
- 8 WP-Kompaktaggregate

Klimaschutzwirkungen (THG)

Strom wird CO₂-ärmer, aber Effizienzvorteil der WP bleibt bestehen!



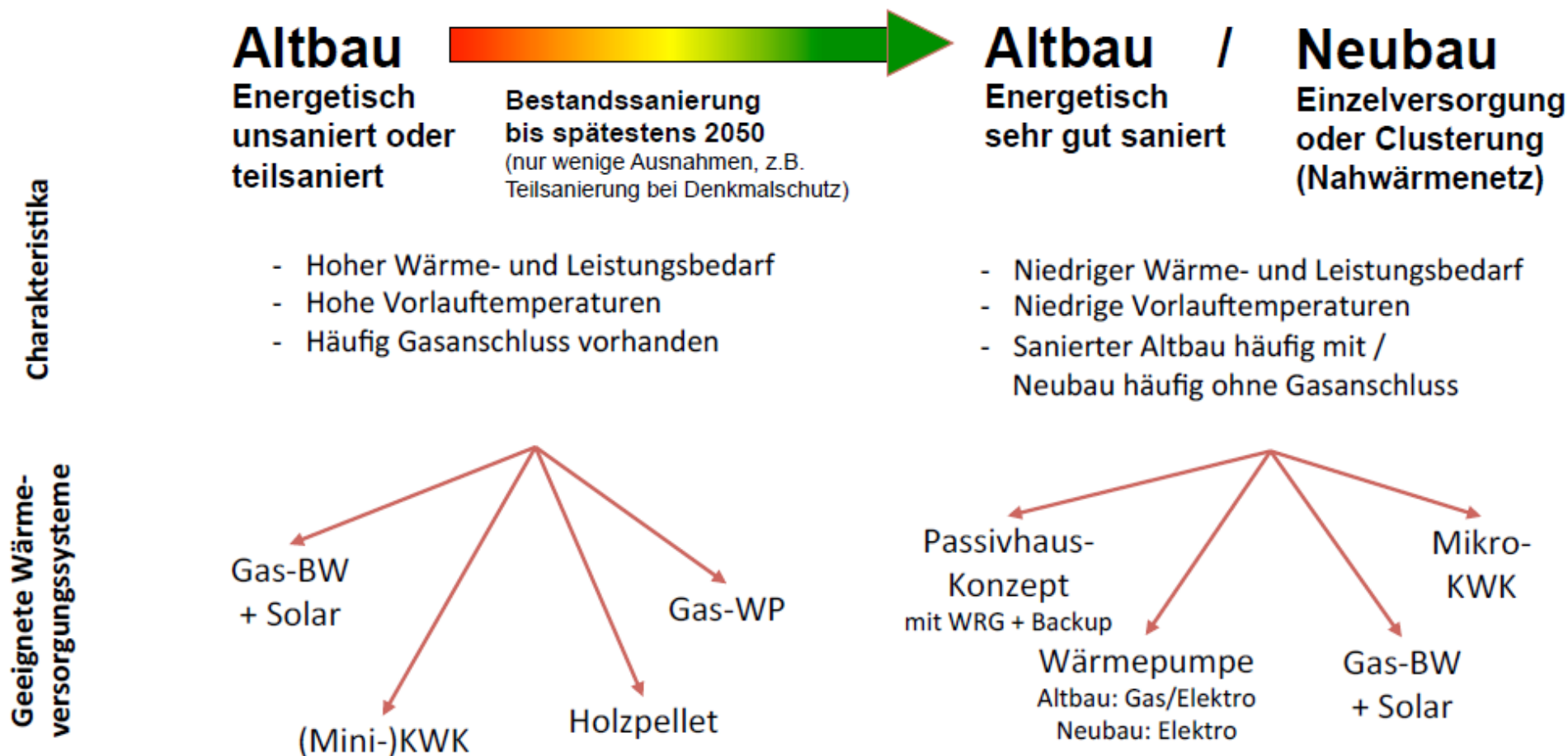
- 0 FW klassisch (Stichleitungen)
- 1 Verlegung durch Häuser
- 2 Kopfstationen
- 3 Zentraler WT / durch Häuser

- 4 Zentrales BHKW
- 5 Holzpellets Kopfstationen
- 6 Kalte Nahwärme

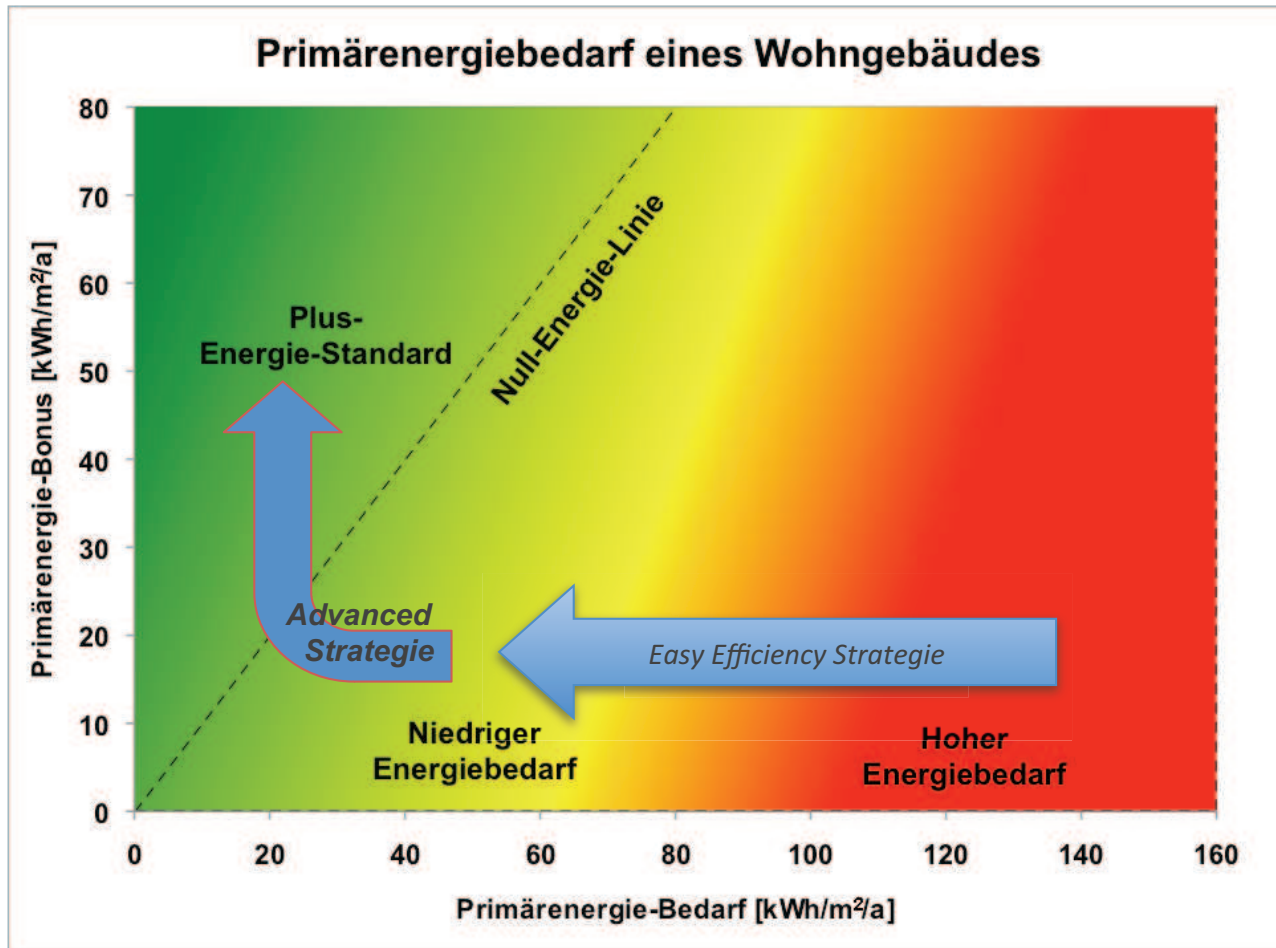
- 7 Strom Direktheizung
- 8 WP-Kompaktaggregate

Berechnung mit GEMIS 4.5

Empfehlungen für Altbau + Neubau



Effizienz & Erneuerbare: Langfriststrategie zum Plusenergie-Gebäude



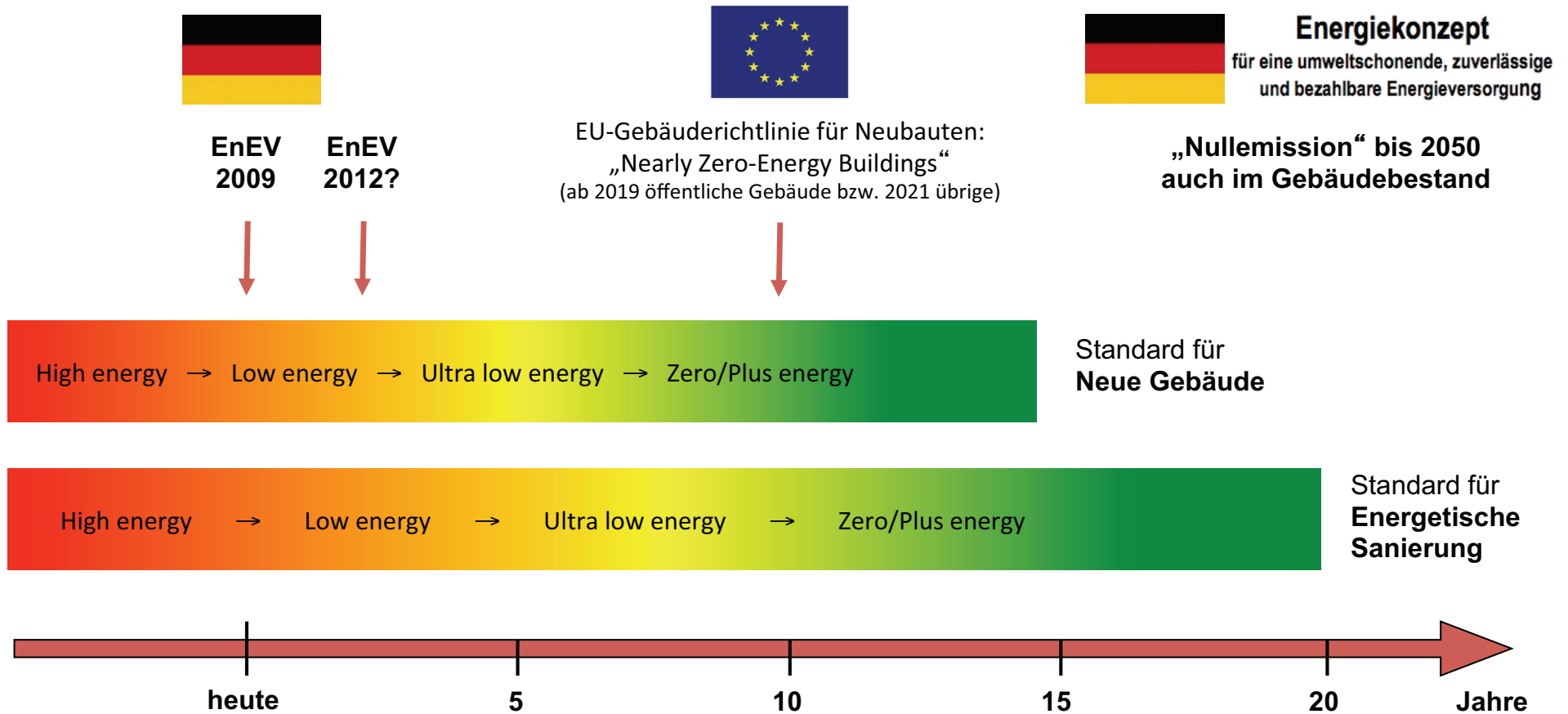
Strategischer Ansatz in zwei Schritten:

1. End- und Primärenergiebedarf vom hohen (roter Bereich) zu niedrigem (gelb-grüner Bereich) reduzieren durch hocheffiziente Verbrauchs- und Versorgungsstrukturen (**Easy-Efficiency-Strategie**).

2. Ambitioniertere Energieeffizienz-Standards setzen und gebäudeintegrierte Energieerzeugung (PV, KWK) implementieren, um (in der Jahresbilanz) Überschussenergie zu produzieren (**Advanced-Strategie**).

Spezifischer Primärenergiebedarf
für Heizung, Kühlung, Lüftung, Warmwasser und Hilfsenergie

Fahrplan für eine schrittweise Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz



Die Idee eines „Masterplan Energieversorgung“

ANGEBOT...

- Jede **Wärmeversorgungsform** bzw. **Technologie**
 - Fernwärme / Nahwärme / Blockversorgung / Einzelversorgung
 - Regenerativ / fossil
 - Kessel / Wärmepumpe / Solaranlage / KWK-Anlage / Geothermiebohrung...hat ihre spezifischen Vor- und Nachteile bzw. Stärken und Schwächen.

und NACHFRAGE...

- Jeder **Gebäudetyp** und **Effizienzstandard**
 - Neubau / Bestand
 - EFH / RH / MFH ...
 - Gebäudetypologie E / H / B ...
 - Effizienzstandard (ungedämmt / EnEV 2007 / EnEV 2009 / PH / ...)erfordert sein individuelles Versorgungskonzept.

...müssen optimal aufeinander abgestimmt werden!

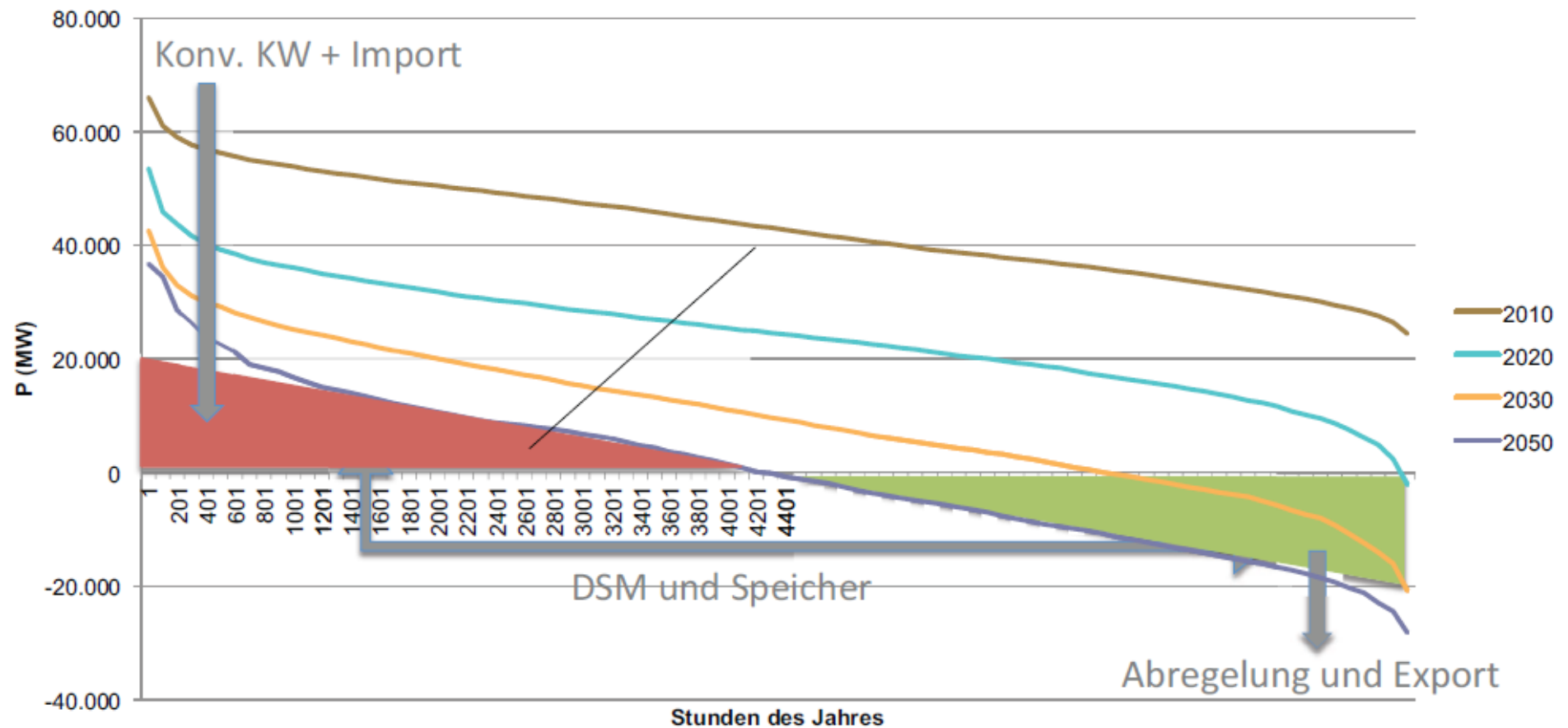
Handlungsempfehlungen aus Sicht des Klima- und Ressourcenschutzes

- Energetische Gebäudesanierung in der Breite und in der Tiefe - jetzt!
- Gebäude als System betrachten und zeitlich abgestimmtes Sanierungskonzept entwickeln (kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen)!
- (Wenn möglich) erst isolieren, dann installieren!
- Erdgas-Brennwert als Referenzanlage (Mindeststandard)
- KWK (Nahwärme, Fernwärme, Mikro-KWK), Biogas, Holzpellets, Solaranlage und Gas-WP bieten ökologische Vorteile
- Elektro-WP i.d.R. nur unter bestimmten Voraussetzungen (Niedertemperatursystem, guter Dämmstandard) ökonomisch und ökologisch sinnvoll, speziell Luft-WP nur für energetisch hocheffiziente Gebäude (Passivhaus / KfW-40-Haus mit WRG)
- Elektroheizung (Nachtspeicher) ökologisch und ökonomisch nicht vertretbar
- Zentralheizung i.d.R. flexibler (offen für Nachrüstung Solar / Holz / KWK) und kostengünstiger (ggf. Dachheizzentrale)
- Gut abgestimmte Komponenten (Kessel, Brenner, Regelung, Hocheffizienzpumpe, hydraulischer Abgleich) wichtig für Gesamteffizienz
- Geräte mit Umweltzeichen (Blauer Engel) bevorzugen

Blick-Wechsel

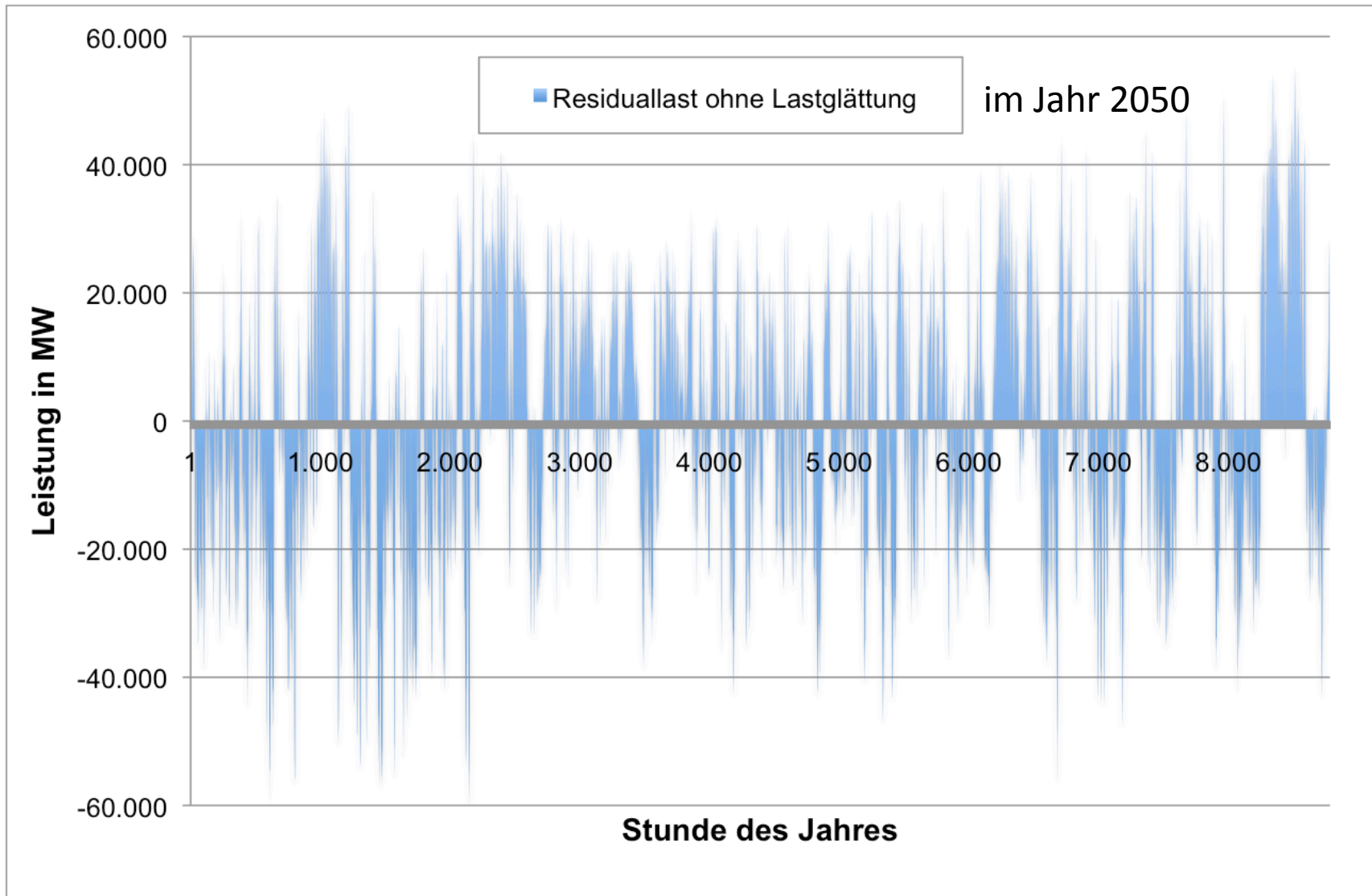
Zuwachs von EE-Strom verdrängt Grundlast- und Mittellastkraftwerke und erfordert andere Optionen (smart grids, DSM und Speicher)

Entwicklung der Jahresdauerlinien für die elektrische Residuallast 2010-2050



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der BMU-Leitstudie 2010

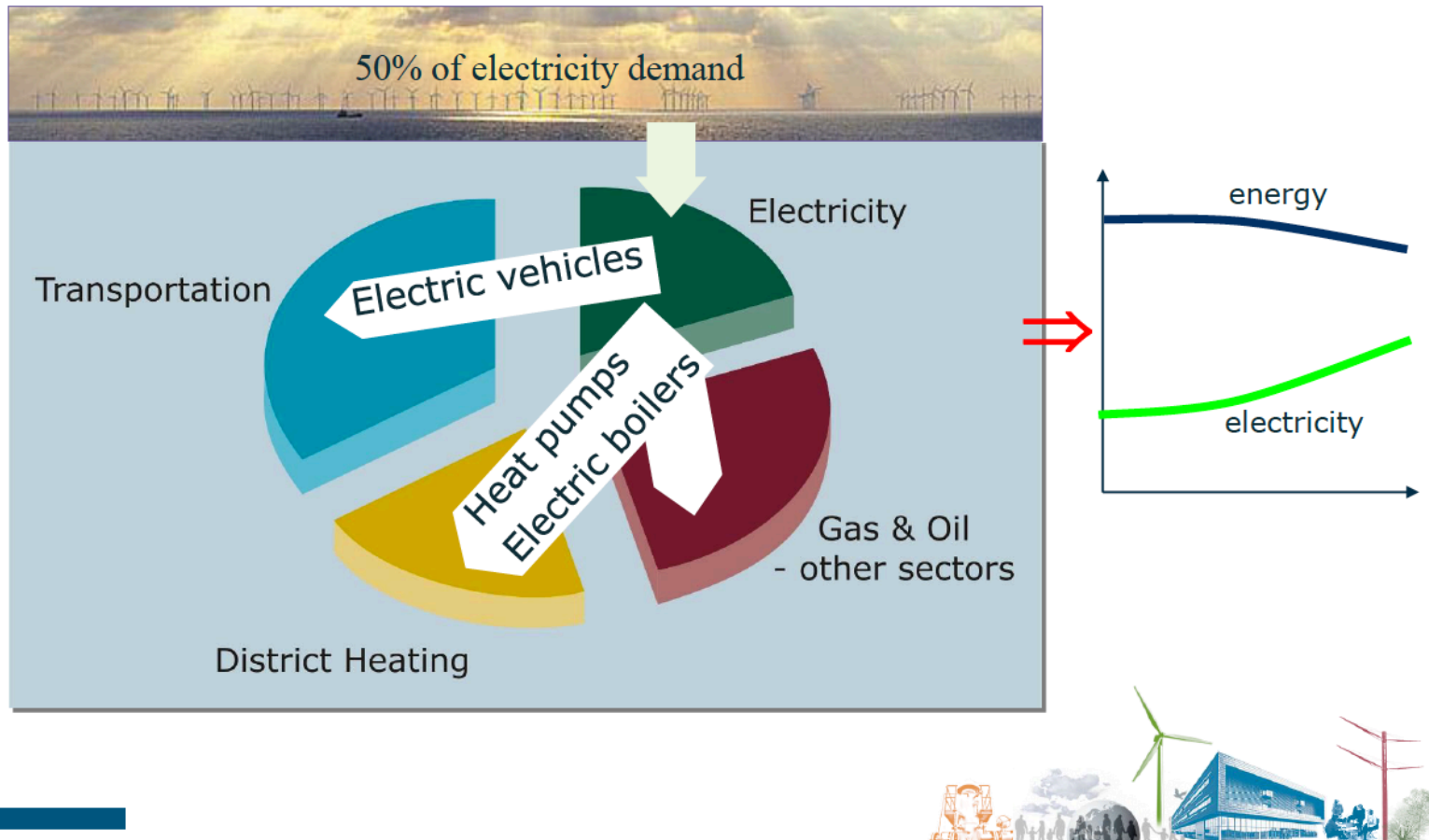
Zuwachs von EE-Strom erfordert mehr Flexibilität auf Angebots- und Lastseite plus ggf. mehr Speicher → mehr Chancen & Risiken



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der BMU-Leitstudie 2010

Dänemark macht sich auf den Weg zum Heizen mit Strom... Sollen wir folgen?

Coherent and flexible energy systems



13 September 2012

Preparing the Danish electricity grid for 50% wind power by 2020

11

Heizen mit Strom (mit Wärmespeicher)

Treiber und Hemmnisse

Treiber

- Die Energieversorgung wird insgesamt stromintensiver
- Zunehmende Überschüsse an kostengünstigem EE-Strom
- Wachsender Bedarf an flexiblen Lasten und Speichern
- Merit-Order-Effekt (zeitweise niedrigere bis negative Spotmarktpreise)
- Zunehmende Preisspannen des Spotmarktpreises durch EE-Stromausbau erwartet

Hemmnisse

- Bisher keine Zunahme, sondern Abnahme der Strompreisspannen (insb. durch PV)
- Niedrige/negative Börsenpreise (bzw. viel EE-Strom) unabhängig vom Wärmebedarf
- Zusätzliche Kosten für Flexibilisierung (z.B. größere Pufferspeicher) und Informations- und Kommunikationstechnik sowie ggf. höhere Betriebskosten
- Ggf. höhere Wärmeverluste
- Ökologische, ökonomische und systemtechnische „Effizienz“ und Bedarf abhängig von der weiteren Systemtransformation und Gebäudesanierung → z.B. Lastausgleich und Speicherung besser lokal, regional und/oder national?

Fazit

- Langfristig dürften die Treiber und Vorteile für effiziente Stromanwendungen überwiegen!
- Heizen mit Strom bleibt jedoch nur eine von vielen Optionen!
- Gefahr von Lock-in-Effekten → auch mittel- und langfristig benötigen wir nachfrageseitige Stromeffizienz (z.B. elektrische WP Faktor 2 bis 4 effizienter als Widerstandsheizung)

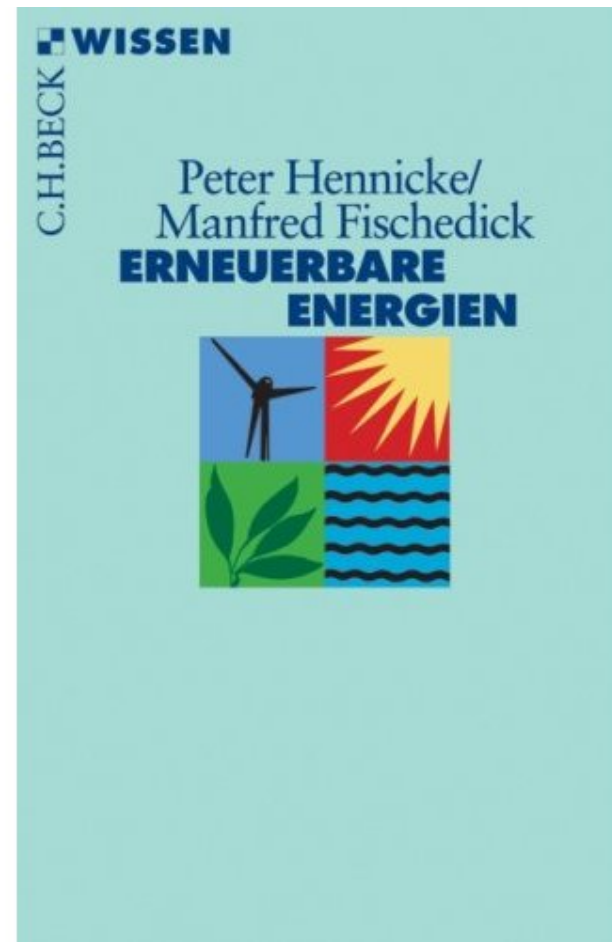
Was kann jeder Einzelne tun?

STROM	<p>Kaufen Sie nur energieeffiziente Geräte! d.h. Geräte der Energieeffizienzklasse A bei Kühlgeräten Klasse A+ / A++</p> <p>Vermeiden Sie Stand-by-Verbräuche!</p> <p>Wechseln Sie zu einem unabhängigen Ökostrom-Anbieter!</p>	<p>Top-Ten-Seiten: www.ecotopten.de www.spargeraete.de www.topten.ch</p> <p>Aktion No-Energy: www.no-e.de</p> <p>Aktion Stromwechsel: www.atomausstieg-selber-machen.de/wechsel</p> <p>Strompreisrechner: www.verivox.de/P/energienetz/Stromrechner.asp</p> <p>Energieagentur NRW: www.solarenergie.ea-nrw.de</p>
WÄRME	<p>Installieren Sie auf Ihrem Dach eine Photovoltaik-Anlage!</p> <p>Lüften Sie energiesparend (Stoßlüften statt Kipplüften)!</p> <p>Lassen Sie Ihr Haus dämmen bzw. motivieren Sie Ihren Vermieter dazu!</p> <p>Verlangen Sie vom Vermieter einen qualifizierten Energiebedarfs-Ausweis!</p> <p>Lassen Sie eine "Faktor-4-Umwälzpumpe" einbauen!</p> <p>Installieren Sie auf Ihrem Dach eine Solarthermie-Anlage!</p> <p>Heizen Sie mit Holzpellets!</p>	<p>Verbraucherzentrale: www.verbraucherzentrale-energieberatung.de</p> <p>Hess. Energiespar-Aktion: www.impulsprogramm.de</p> <p>Deutsche Energie-Agentur: www.gebaeudeenergiepass.de</p> <p>Energy+ Pumps: www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/Ecolnno_Pumps_de.pdf</p> <p>EnergieAgentur NRW: www.solarenergie.ea-nrw.de</p> <p>Aktion Holzpellets: www.aktion-holzpellets.de</p> <p>Energie-Pellet-Verband: www.depv.de</p> <p>C.A.R.M.E.N.: www.carmen-ev.de</p>
MOBILITÄT	<p>Erledigen Sie kurze Strecken zu Fuß oder mit dem Fahrrad!</p> <p>Nutzen Sie soweit möglich die Bahn und den ÖPNV!</p> <p>Bei unvermeidbaren Flügen: Fliegen Sie klimabewusst!</p> <p>Fahren Sie ein energieeffizientes Auto!</p> <p>Nehmen Sie am Carsharing teil!</p> <p>Organisieren Sie Fahrgemeinschaften!</p>	<p>ADFC: www.adfc.de</p> <p>Deutsche Bahn: www.reiseauskunft.bahn.de</p> <p>Atmosfair: www.atmosfair.de</p> <p>Top-Ten-Seite: www.topten.ch</p> <p>Verkehrsclub Deutschland: www.besser-autokaufen.de</p> <p>Bundesverband CarSharing: www.carsharing.de</p> <p>Mitfahrgelegenheit: www.mitfahrgelegenheit.de</p>
KAPITAL	<p>Investieren Sie in ökologische Anlagen!</p> <p>Wechseln Sie zu einem unabhängigen Ökostrom-Anbieter!</p>	<p>Natur-Aktien-Index: www.nai-index.de</p> <p>Nachhaltiges Investment: www.nachhaltiges-investment.org s. unter "Strom"</p>
FÖRDER	<p>Nutzen Sie die zahlreichen Förderprogramme!</p>	<p>BINE-Info: www.energiefoerderung.info</p> <p>EnergieAgentur NRW: www.ea-nrw.de/foerderung</p> <p>Fördermitteldatenbank: www.foerderdata.de</p> <p>KfW Förderbank: www.kfw-foerderbank.de</p> <p>Solarförderung (BSW & KfW): www.solarfoerderung.de</p>
INFORMATION	<p>Download Klimaschutz-Linkliste:</p> <p>www.wupperinst.org</p> <p>Such-Stichwort: „Klimaschutz Links“</p>	<p>BINE-Info: www.bine.info</p> <p>Bund der Energieverbraucher: www.energienetz.de</p> <p>Bundesumweltministerium: www.bmu.de/energieeffizienz www.erneuerbare-energien.de</p> <p>Deutsche Energie-Agentur: www.dena.de</p> <p>Effizienzkampagne: www.stromeffizienz.de</p> <p>EnergieAgentur NRW: www.ea-nrw.de</p> <p>Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.de</p> <p>Verbraucherzentrale: www.verbraucherzentrale-energieberatung.de</p>

Buch-Tipps

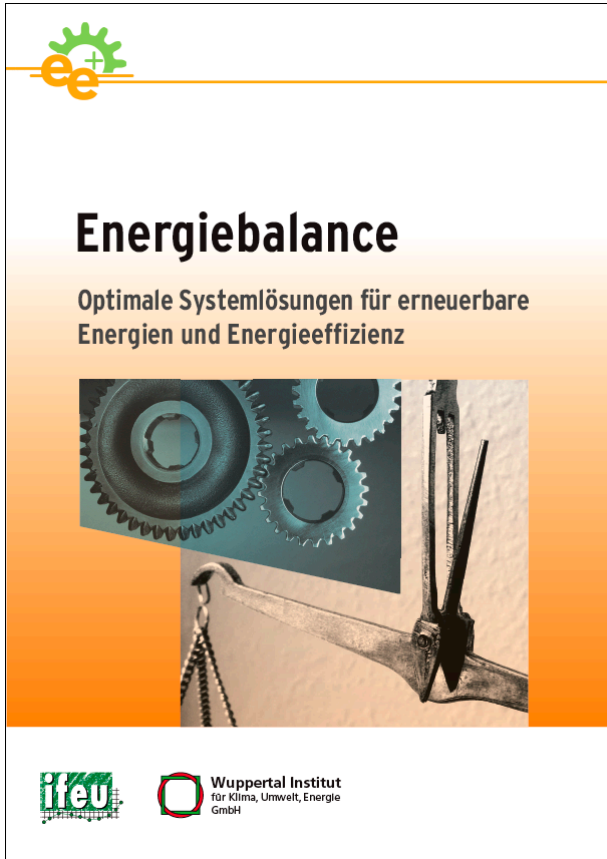


Verbraucherzentrale Niedersachsen:
Heizung und Warmwasser
12. Auflage 2009
160 Seiten / 9,90 €



Peter Hennicke, Manfred Fishedick:
Erneuerbare Energien - Mit Energieeffizienz zur Energiewende
Verlag C. H. Beck, München, 2007
144 Seiten / 7,90 €

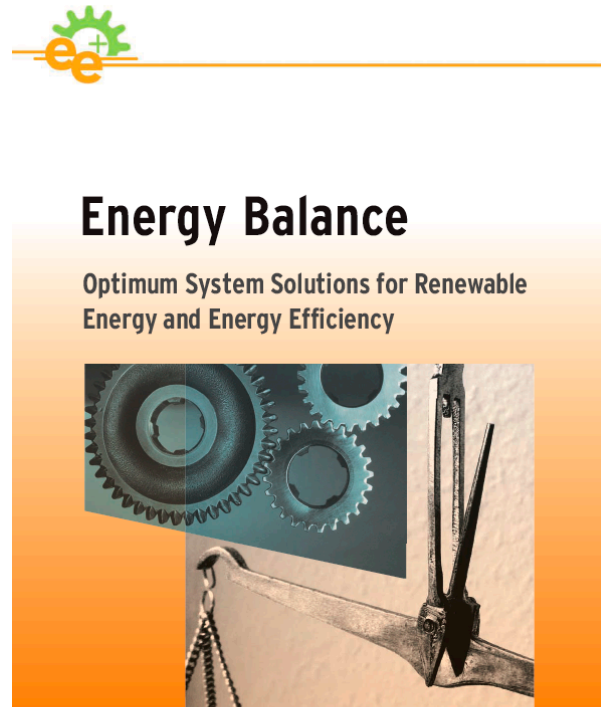
Energiebalance-Broschüre (deu/eng)



... sowie Endbericht und Arbeitspapiere zum Download unter:

www.ifeu.de/energiebalance

www.wupperinst.org/projekte/fg1



darauf aufbauend:

Masterarbeit von Katja

Tschetschorke zu ökonomisch-
ökologischen Beurteilung von

Wärmenetzen im Bestand

(Nov. 2012)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

dietmar.schuewer@wupperinst.org

frank.merten@wupperinst.org



Weitere Informationen
finden Sie auf unserer
Website:

www.wupperinst.org