Erneuerbare Energien im Wärmesektor

Stärken und Schwächen der Technologien

Veranstaltung „Solarthermie im Nahwärmenetz“

Cluster-Treffen Energietechnik der Bayern Innovativ
im Bauzentrum München

am 12. Juli 2016

Referent:

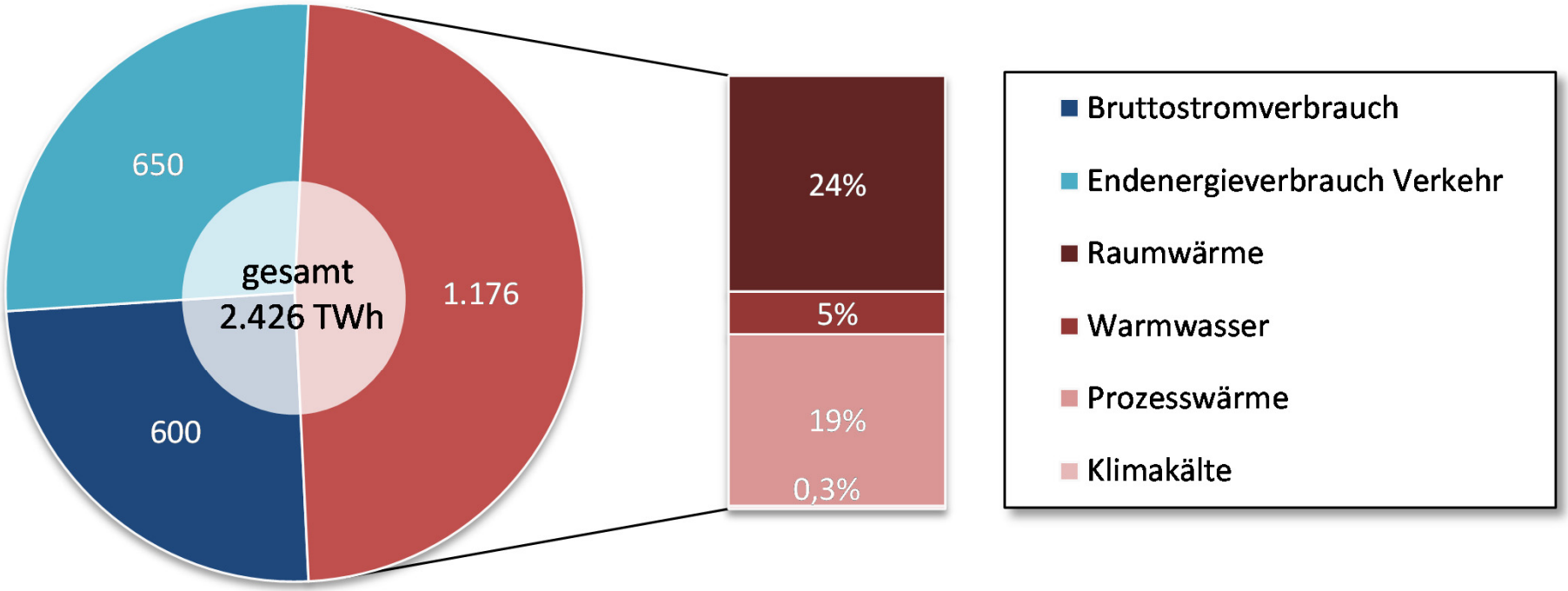
Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Roger Corradini

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

Status Quo der Energie- bzw. Wärmewende

Aufteilung des Energieverbrauchs: Einordnung des Wärmesektors

Endenergieverbrauch 2015 in TWh

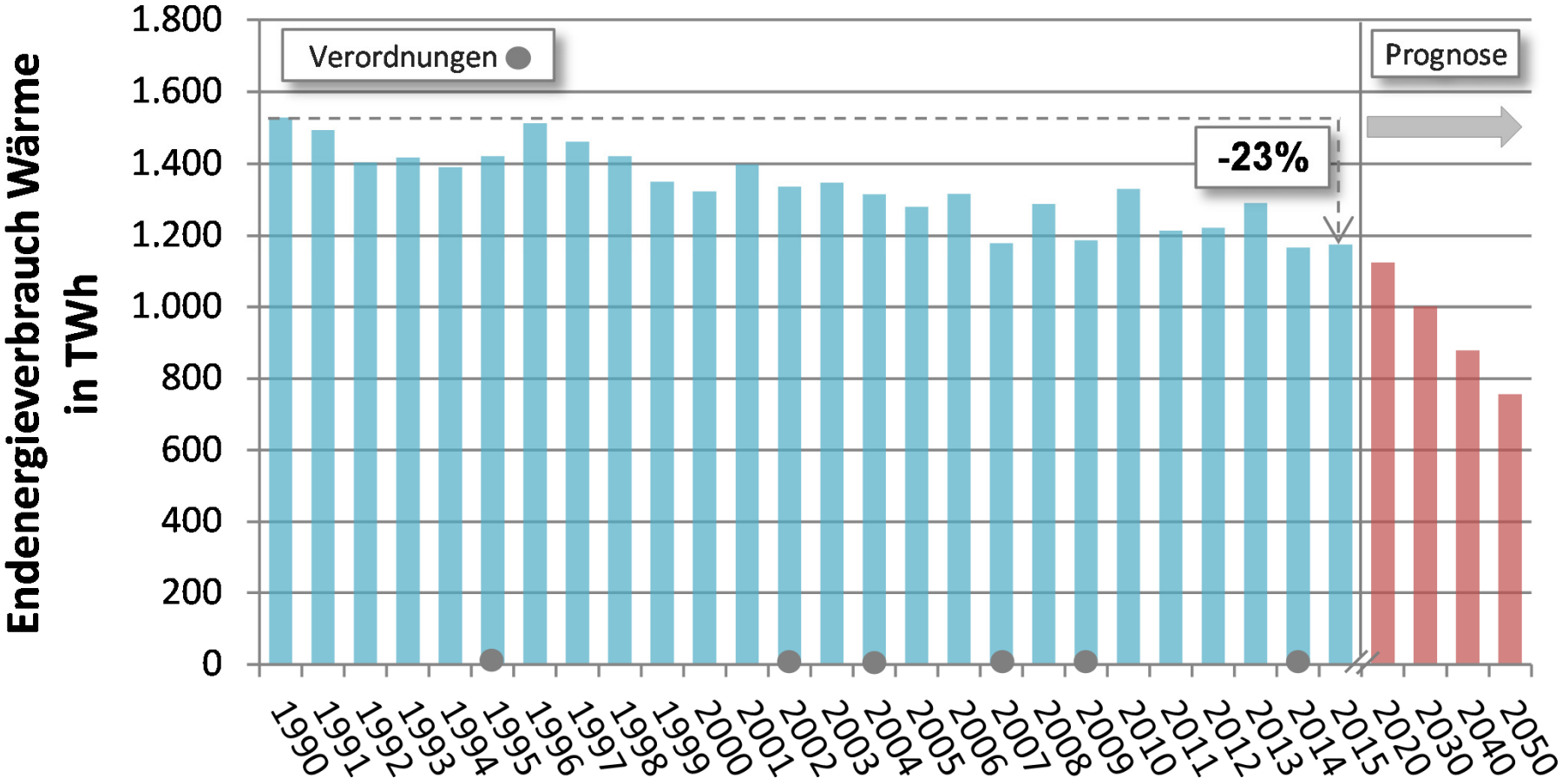


©FfE WRStift-05#A Energierationalitaet im Eigenheim_eV_00025

- Der Wärmesektor ist für ca. 50% des Endenergieverbrauchs verantwortlich
- Innerhalb des Wärmesektors verursacht die Raumwärme den größten Anteil

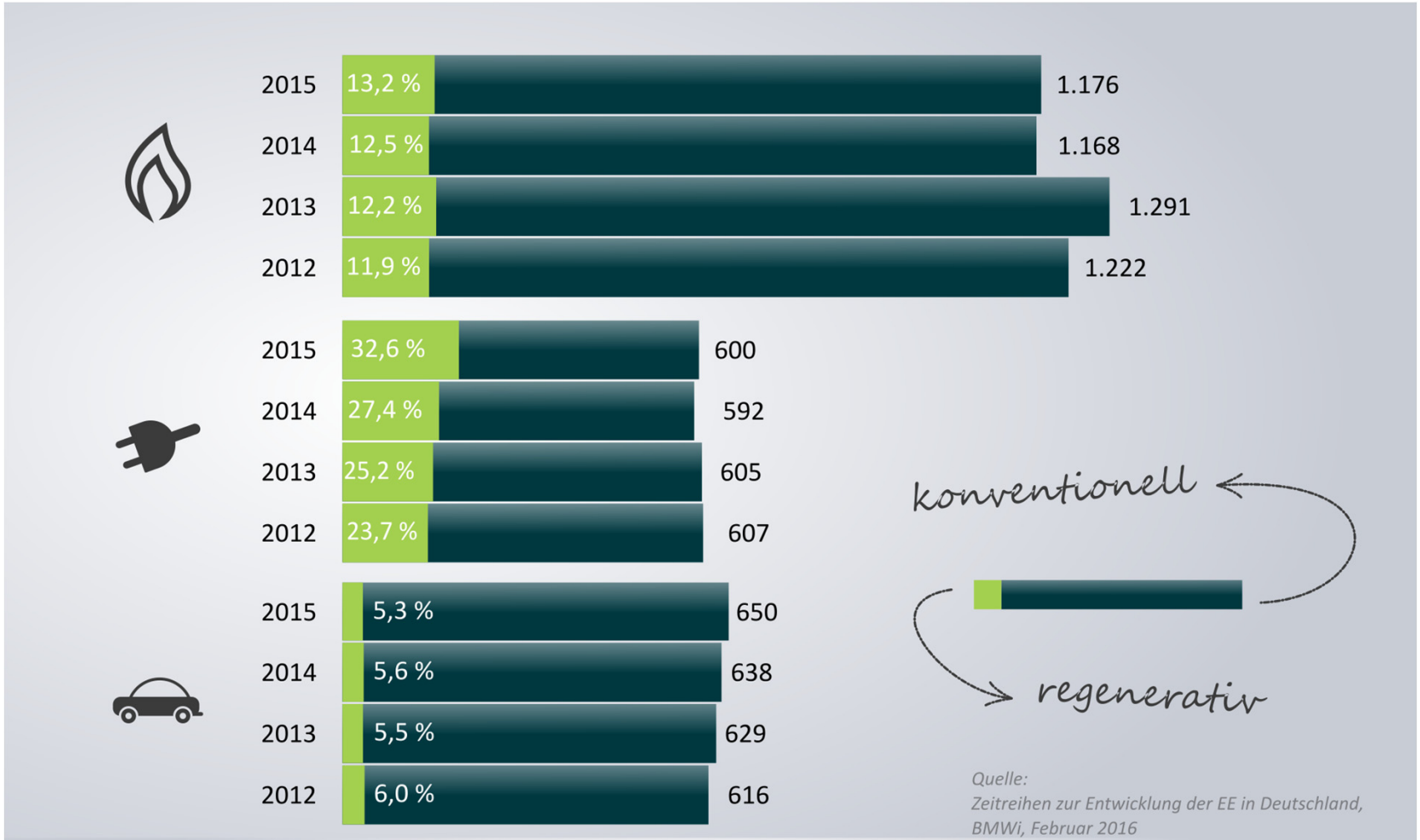
Quellen: BMWi – Zeitreihen zur Entwicklung der Erneuerbaren in Deutschland & BMWi – Energiedaten; eigene Darstellung

Entwicklung des Endenergieverbrauchs für Wärme



- Der Endenergieverbrauch für Wärme ist in 25 Jahren um 23 % gesunken
- Unter der Annahme einer linearen Fortschreibung sinkt der EEV für Wärme bis 2050 um -51% ggü. 1990 (auf 756 TWh)

Entwicklung der Energiewende und Status Quo



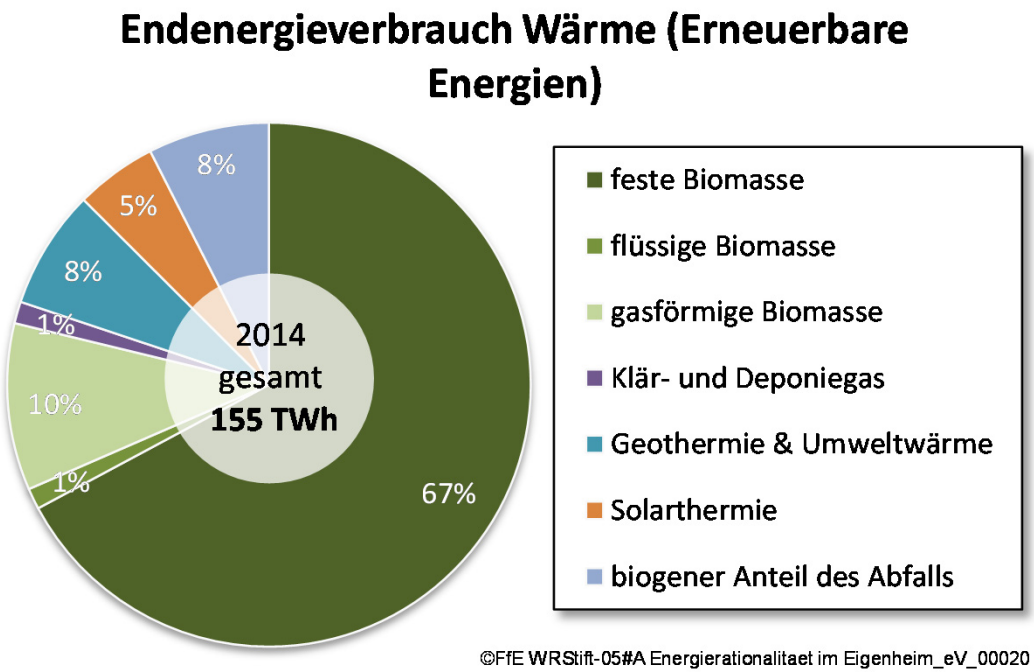
Endenergieverbrauch nach Sektoren in TWh

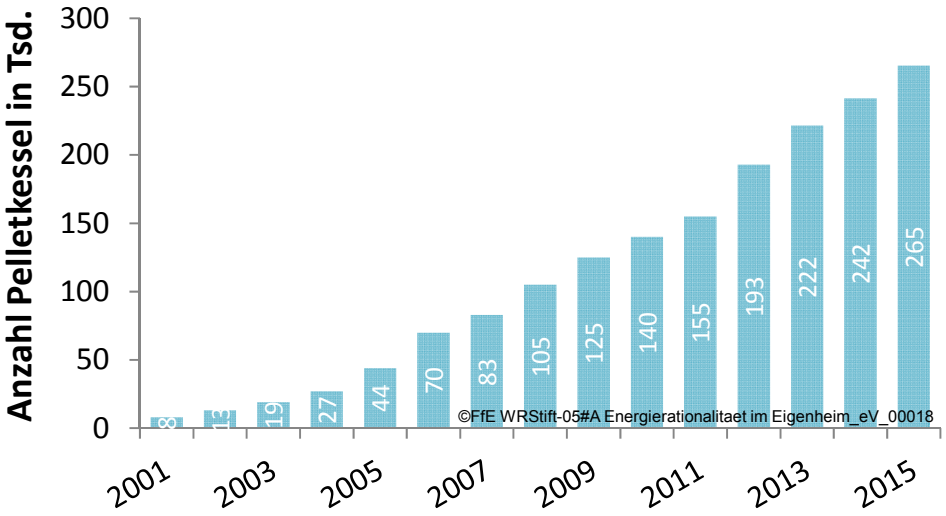
- Stromwende bereits stark vorangeschritten
- Energiewende „vergisst“ die Sektoren Wärme und Verkehr

Ausgewählte Technologien

zur Bereitstellung erneuerbarer Wärme

Biomasse



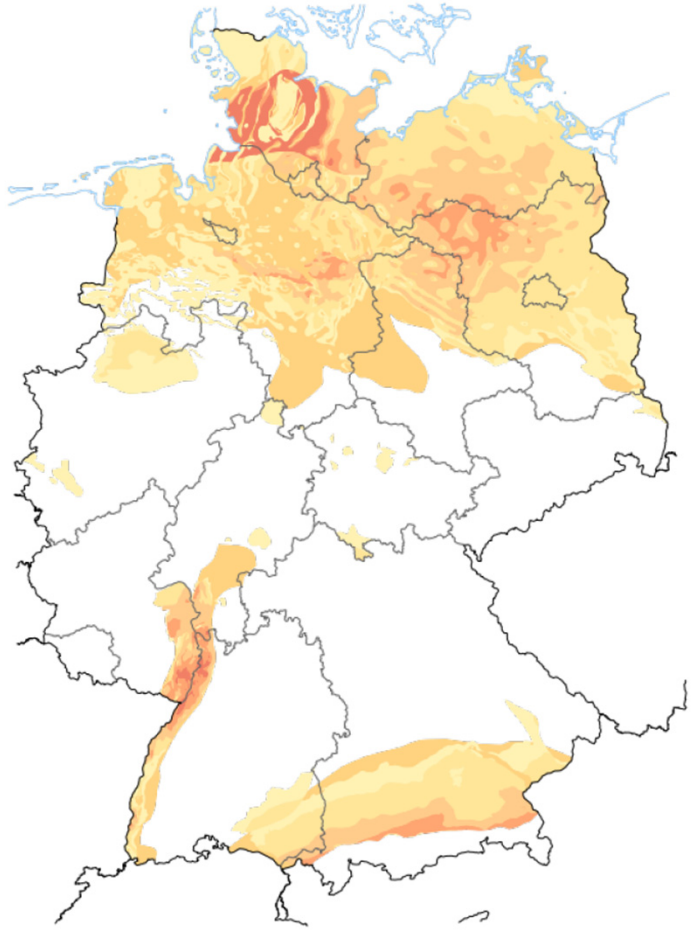


- Heizkessel (dezentral und zentral)
- KWK (Dampfturbinen, Holzvergasung & Biogas in Gasmotoren)

- Biomasse ist in allen Sektoren einsetzbar (Strom, Wärme, Verkehr)
- Biomasse ist der bedeutendste regenerative Energieträger
- Pellets erfahren starkes Wachstum
- Feinstaubproblematik bei Kleinfeuerungsanlagen (nach 1. BImSchV*)

* Die Grenzwerte für Feinstaubemissionen für Anlagen nach 2015 wurde im BMWi-Projekt „Feinstaubemissionen aus biomassebefeuerten Kleinfeuerungsanlagen“ von 5 der untersuchten 35 Kleinfeuerungsanlagen im Bestand eingehalten.

Geothermie



Geothermieatlas
Gebiete mit nachgewiesenem hydrothermischen Potenzial
Erreichbare Temperatur: [°C]
- 40 - 60
- 60 - 100
- 100 - 130
- 130 - 160
- 160 - 190

Bildquelle: GeotIS

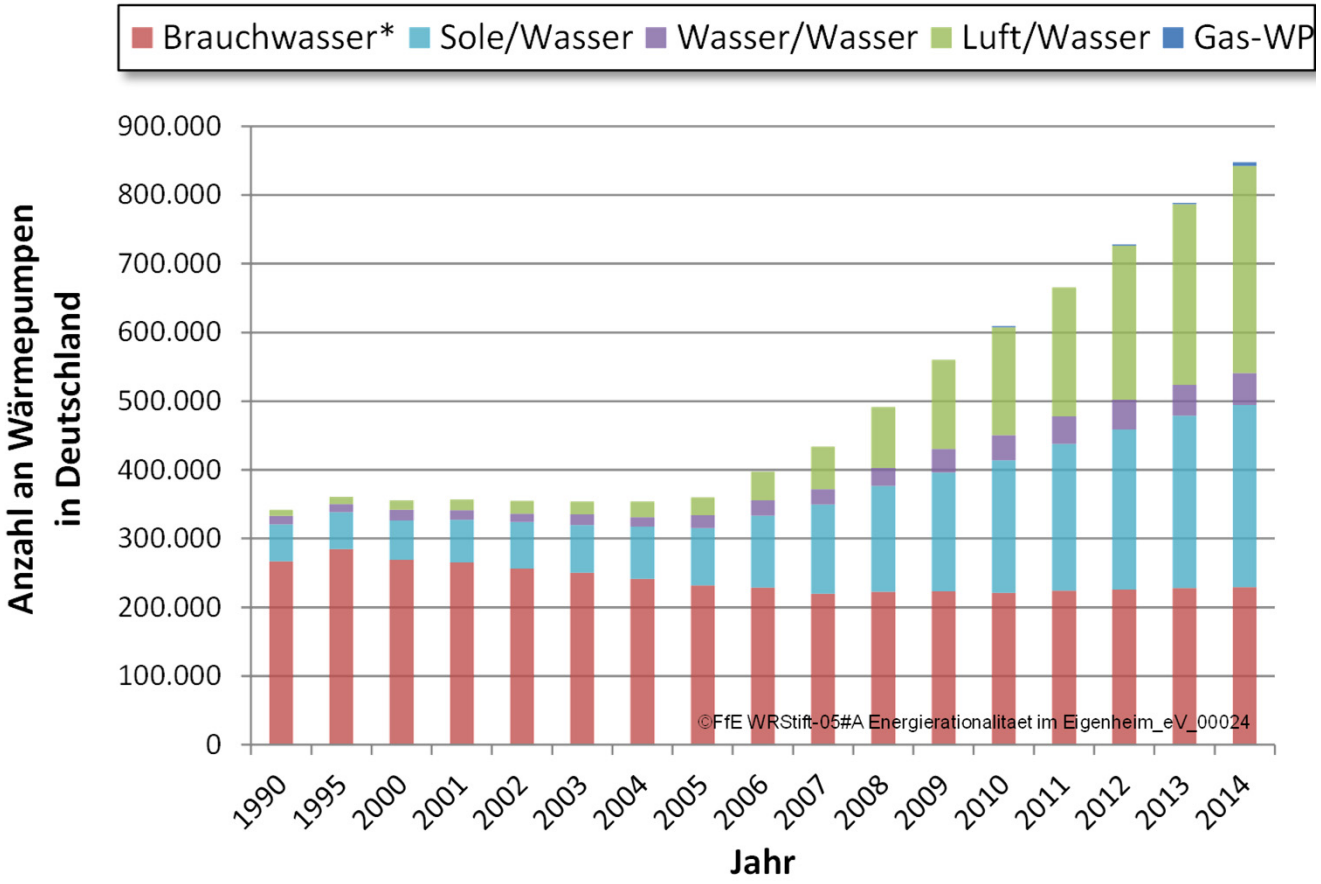
- Tiefe Geothermie
  - tiefer als 400 m & Temperaturen höher als 60°C
  - Bohrung erfordert hohe Fixkosten
    → große Anlagen
    → Wärmenetze
- Lange Realisierungszeiträume
  (z.B. aufgrund von Umweltverträglichkeitsprüfung)
- Potenziale tiefer Geothermie
  - Norddeutsches Becken
  - Oberrheingraben
  - Molasse Becken
- Bestand: 230 Anlagen (286 MW_{th} & 938 GWh_{th})*
- Bau: 12 Anlagen*

- Geothermie Potenziale sind räumlich stark beschränkt
- Geothermie-Anlagen üblicherweise mehrere MW
- Lange Vorlaufzeiten

* GeotIS (Stand 15.6.2015)

Wärmepumpe

- Gaswärmepumpen
  - Gasmotor
  - Sorptionswärmepumpen
- Elektrische Wärmepumpen
- Wärmequellen
  - Luft
  - Grundwasser
  - Oberflächennahe Geothermie
- Die Effizienz ist von der Quelltemp. & Heiz-Vorlauftemp. abhängig
- JAZ nach Fraunhofer ISE**
  - Luft 2,3 – 3,4
  - Wasser 3,3 – 4,1
  - Sole 3,1 – 5,1



- Seit 2006 verzeichnen Wärmepumpen (v.a. Luft/Wasser) ein starkes Wachstum
- Wärmepumpen tragen aktuell zur Spitzenlast im Übertragungsnetz bei
- Wärmepumpen können mit entsprechendem Speicher Flexibilität bereitstellen

* Wärmequelle überwiegend Umluft/Abluft
** „Feldmessung Wärmepumpen im Gebäudebestand“ und „Wärmepumpen Effizienz“

Solarthermie im Einzelgebäude: Potenziale

Gebäudemodell

Energiemodell

regionale Skalierung über Gradtagszahl & Globalstrahlung auf jeden beliebigen Standort

Gesamtmodell Solarthermie-Potenziale

Modell-Parameter:

- Regionale Verteilung der Gebäude mit einer Wohneinheit (EWEH)
- differenziert nach 10 Baualtersklassen, 9 Siedlungstypen, 3 (7) Gebäude-typen, Wohn- sowie Brutto-Stellfläche
- über den Standort (Gradtagszahl und Einstrahlung) kombiniert mit Baualter (Wärmedämmstandard) Aussagen zum individuellen Raumwärmebedarf
- solarthermische Simulationen für drei Ausbauszenarien mit Berücksichtigung der Dachflächenorientierungen

Ergebnisse:

- regionalisiert für über 12.000 Gemeinden
- Anzahl der Gebäude mit einer Wohneinheit (EWEH), sowie Wohnfläche dieser EWEH in m²
- Nutzenergiebedarf für Raumwärme und Warmwasser in kWh/m²a
- Endenergieverbrauch für Raumwärme und Warmwasser in kWh/m²a

differenziert für drei Solarthermie-Szenarien:

- Solar substituierbarer Endenergieverbrauch in kWh/m²a (Flächenbezug: Wohnfläche)
- Fossiler Rest-Endenergieverbrauch in kWh/m²a (Flächenbezug: Wohnfläche)
- Nutzbarer Kollektorertrag in kWh/m²a (Flächenbezug: Kollektorfläche)
- Solarthermisch subst. Endenergieanteil in %

Abweichende Aggregationsebenen wie z.B. Bundesländer, Landkreise, Baualtersklassen, Gebäudetypen sind ebenso möglich

Solarthermie im Einzelgebäude: Regionalisiertes Potenzial

Für das Szenario Minimal:

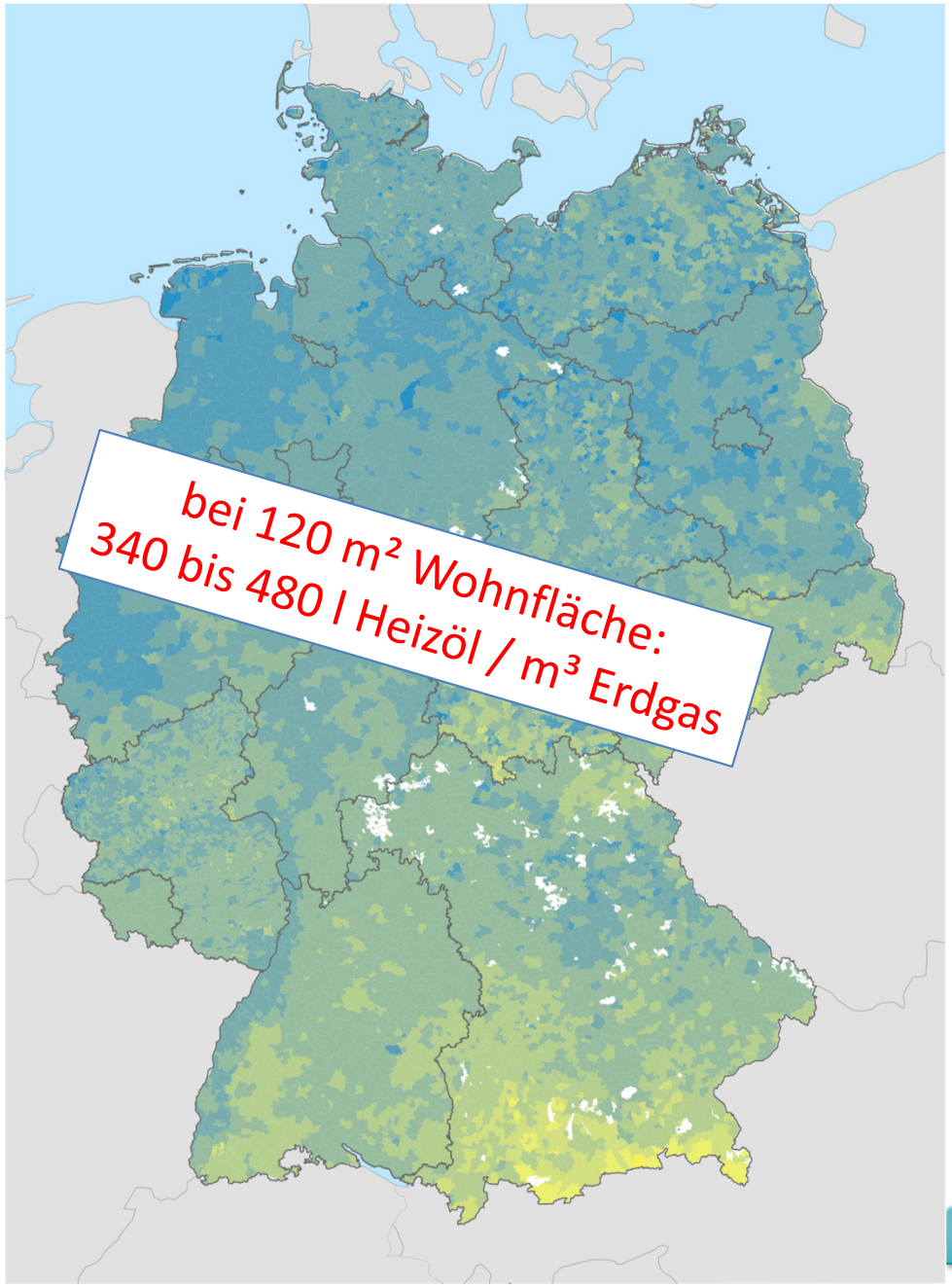
- 10 m² Kollektorfläche
- 800 l Pufferspeicher

Solar substituierbare Endenergie:

- < 28 bis 40 kWh/m²a

➢ z.B. für 120 m² Wohnfläche:

➢ < 3.400 bis 4.800 kWh vermeidbarer Endenergieeinsatz



Solarthermie im Einzelgebäude: Regionalisiertes Potenzial

Für das Szenario Norm:

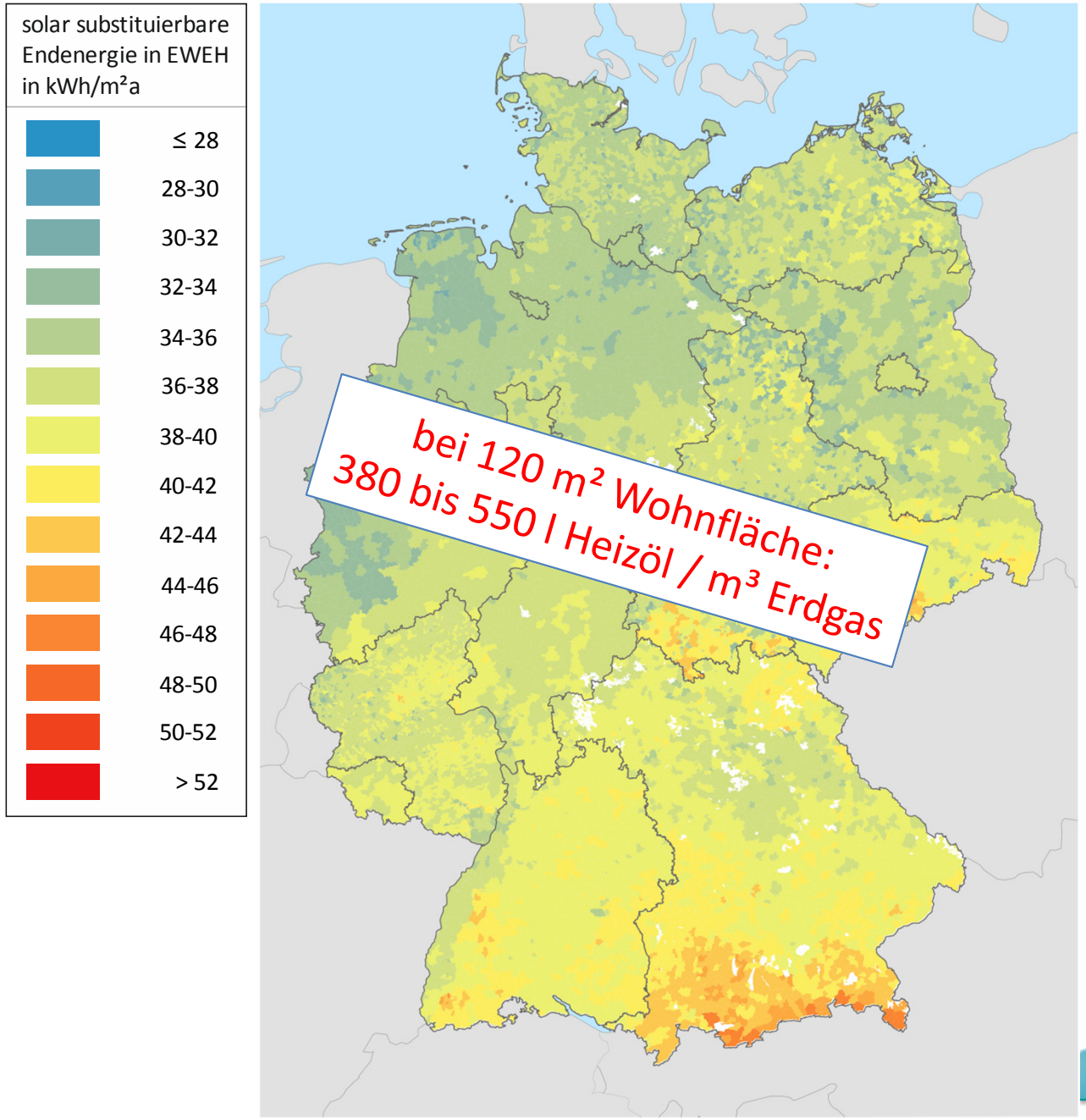
- 15 m² Kollektorfläche
- 1.000 l Pufferspeicher

Solar substituierbare Endenergie:

- 32 bis 46 kWh/m²a

➢ z.B. für 120 m² Wohnfläche :

➢ 3.840 bis 5.520 kWh vermeidbarer Endenergieeinsatz



Solarthermie im Einzelgebäude: Regionalisiertes Potenzial

Für das Szenario Optimal:

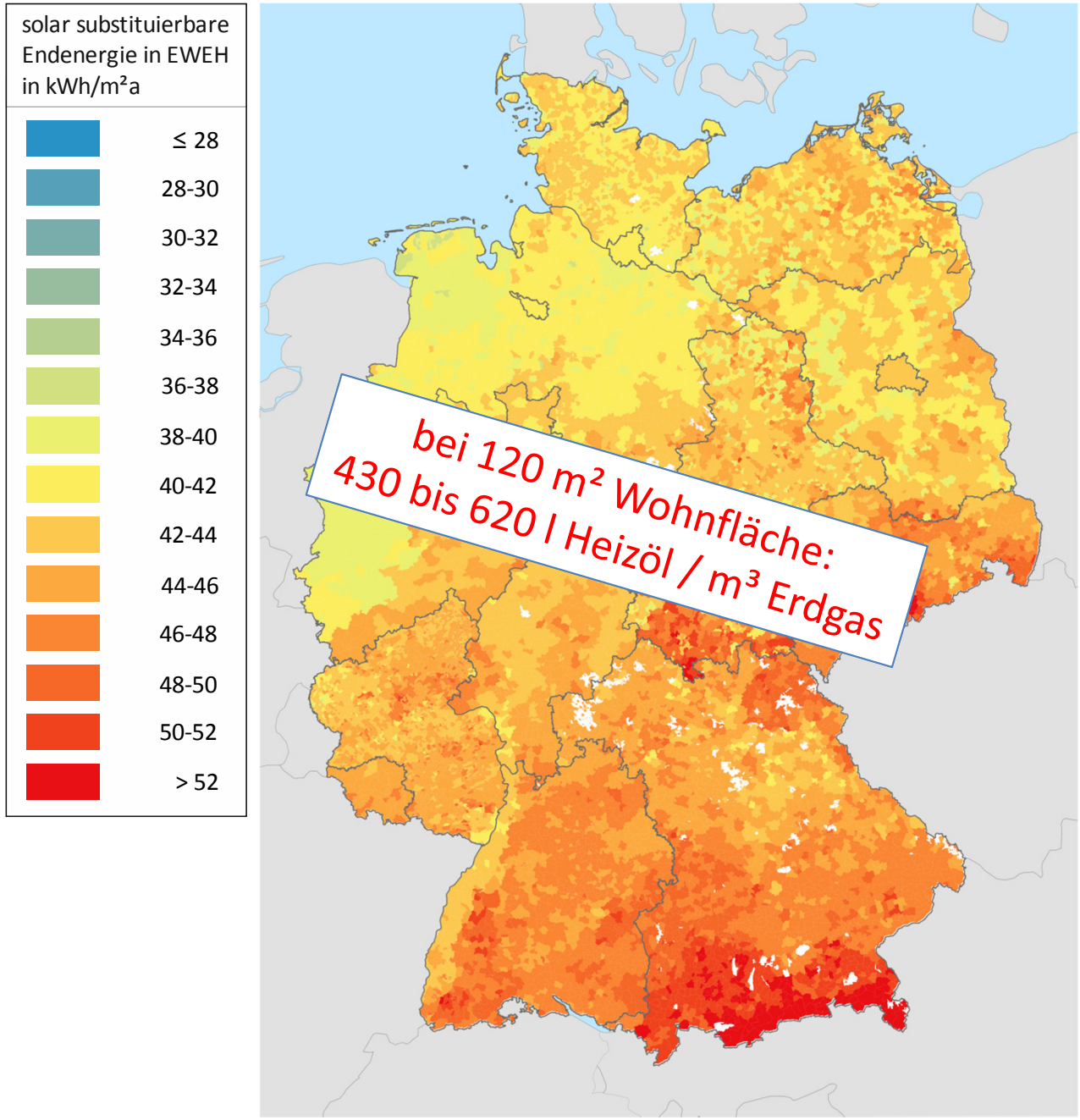
- 20 m² Kollektorfläche
- 2x800 l Pufferspeicher

Solar substituierbare Endenergie:

- 36 bis > 52 kWh/m²a

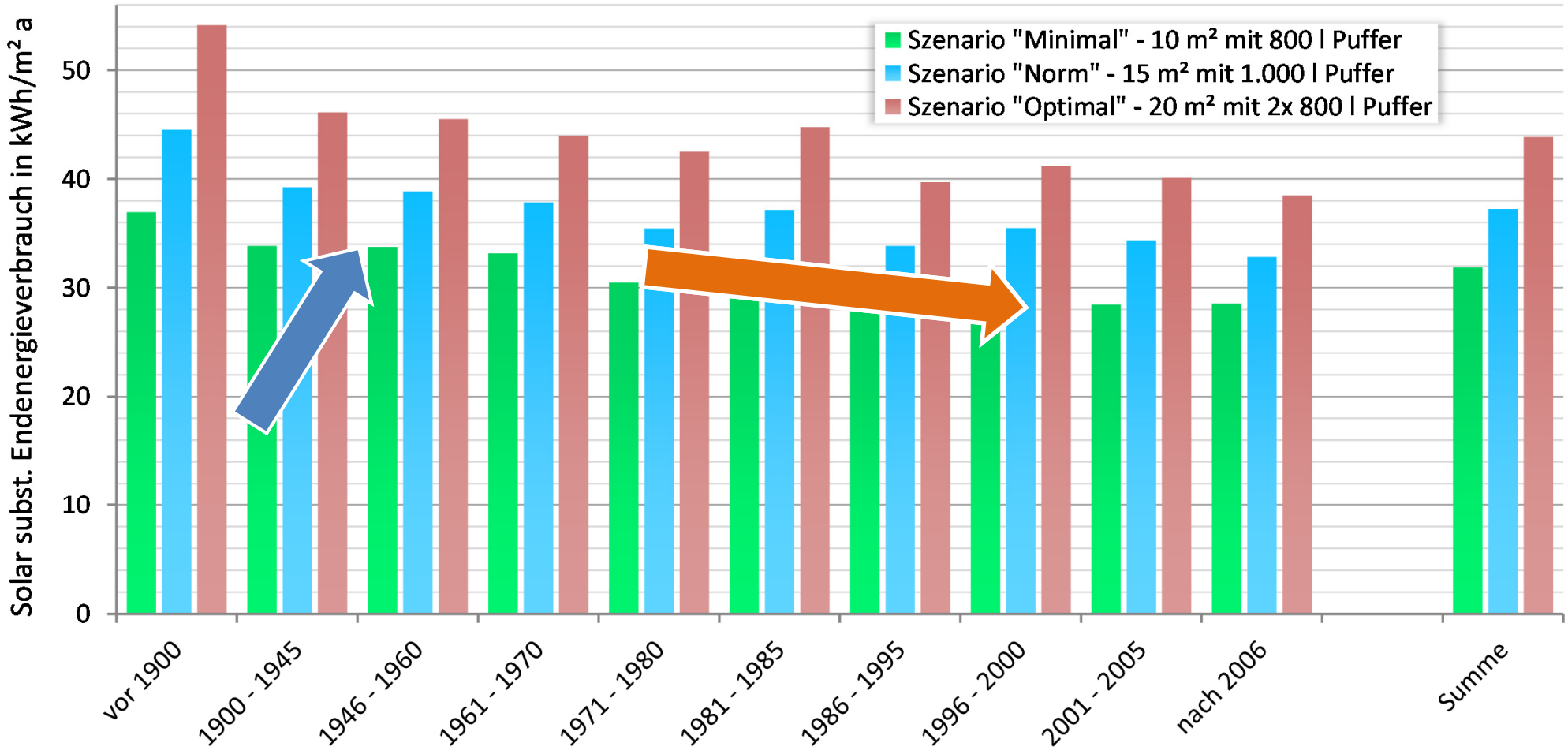
➢ z.B. für 120 m² Wohnfläche :

➢ 4.320 bis > 6.200 kWh vermeidbarer Endenergieeinsatz



Solarthermie im Einzelgebäude: Potenzial nach Baualtersklassen

Solar substituierbare Endenergieverbrauch (Flächenbezug: Wohnfläche)

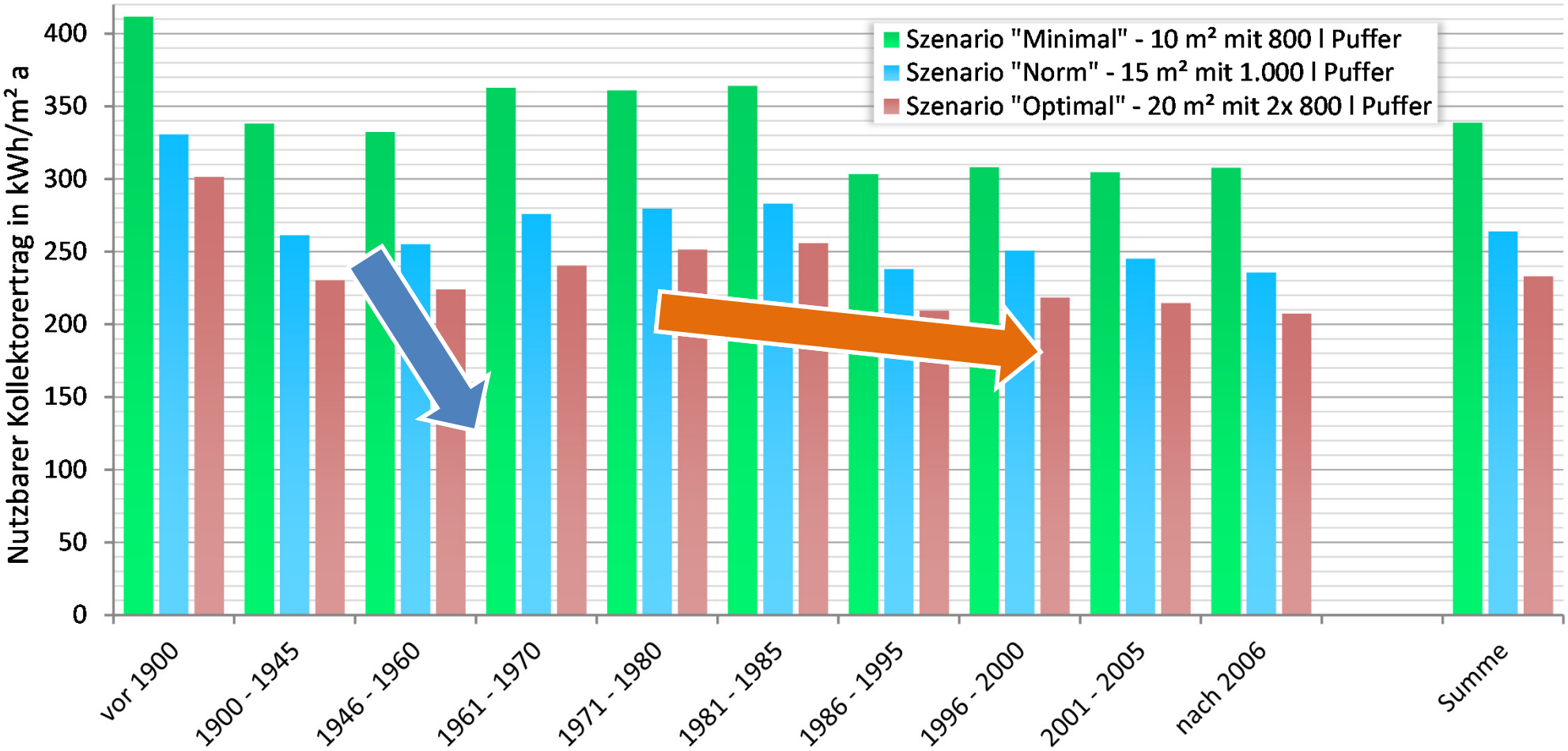


- nimmt mit steigender Kollektorfläche **zu**
- nimmt mit jüngerem Baualter (sinkendem Wärmebedarf) **leicht ab**

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. FfE

Solarthermie im Einzelgebäude: Potenzial nach Baualtersklassen

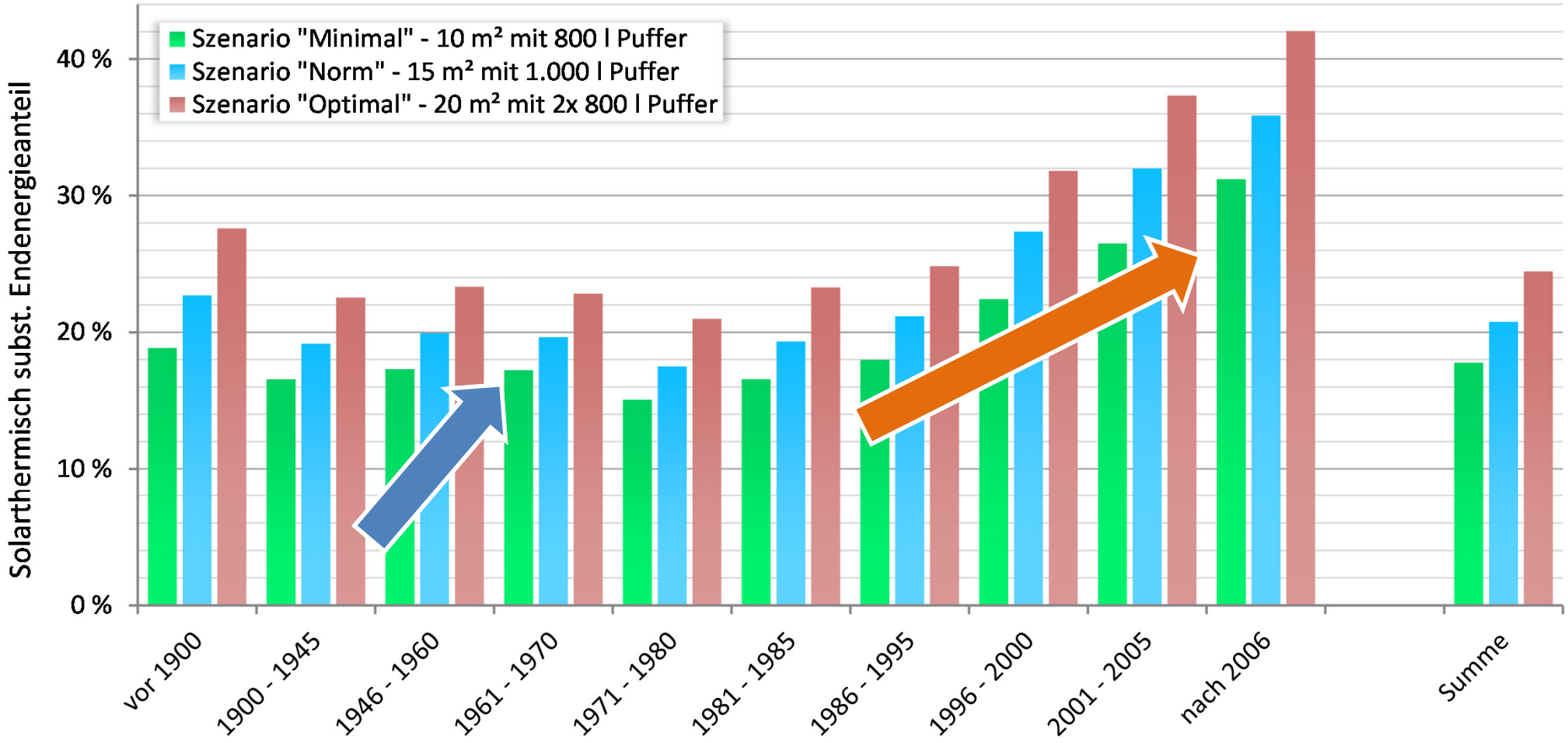
Nutzbarer Kollektorertrag (Flächenbezug: Kollektorfläche)



- nimmt mit steigender Kollektorfläche **ab**
- nimmt mit jüngerem Baualter (sinkendem Wärmebedarf) **leicht ab**

Solarthermie im Einzelgebäude: Potenzial nach Baualtersklassen

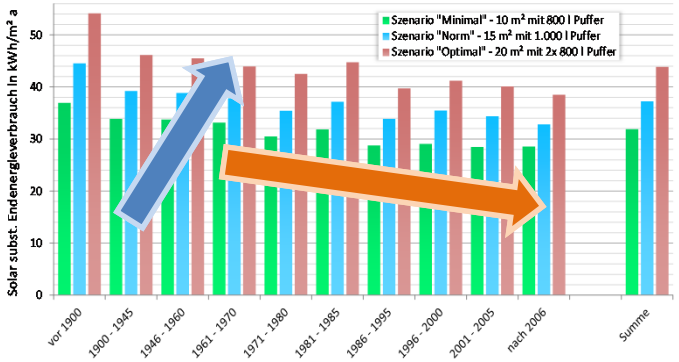
Solarthermisch substituierbarer Endenergieanteil in % (solarer Deckungsgrad)



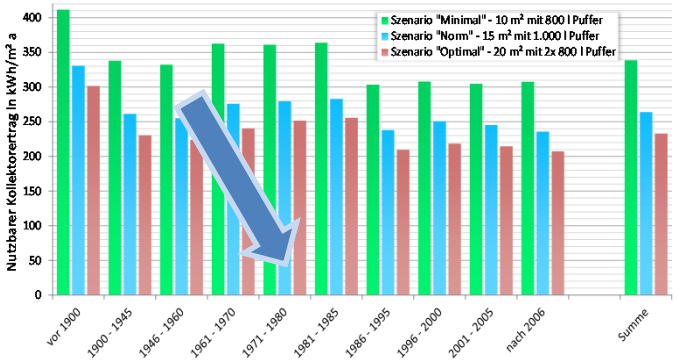
- nimmt mit steigender Kollektorfläche **zu**
- nimmt mit jüngerem Baualter (sinkendem Wärmebedarf) **deutlich zu**

Solarthermie im Einzelgebäude: Kennwerte im Vergleich

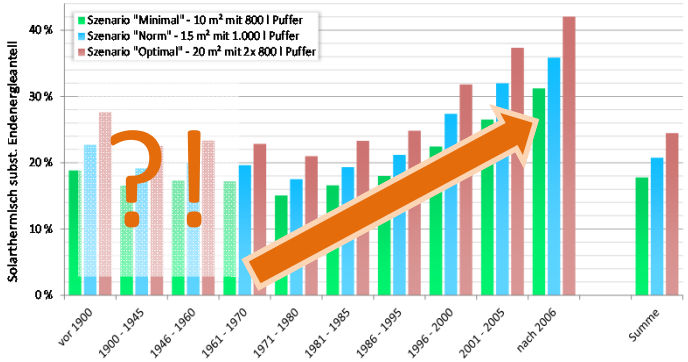
Solar substituierbarer Endenergieverbrauch



Nutzbarer Kollektorertrag



Solarer Deckungsgrad



Je nach Art der Darstellung können unterschiedliche Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Solar substituierbarer Endenergieverbrauch:
  - ist am geeignetsten für eine Potenzialbewertung –
    sowohl als absolute & wohnflächenspezifische Größe
    er ist ein direktes Maß für die Menge an vermeidbarer fossiler Endenergie
- Nutzbarer Kollektorertrag:
  - verschleiert das Potenzial größerer Solarthermie-Anlagen
- Solar substituierbarer Endenergieanteil (solarer Deckungsgrad):
  - verschleiert das Potenzial für Gebäude mit höherem Wärmebedarf

Solarthermie im Einzelgebäude: Technisches & praktisches Potenzial

technisches Potenzial (Best-Case):

- Solar substituierbarer Endenergieverbrauch: 28 bis 52 kWh/m²a
- 167 bis 333 Mio. m² Kollektorfläche bei 16,7 Mio. Anlagen
- Technisches Potenzial: bis zu **25%** Vermeidung konventioneller Endenergie (entspricht einer Energiemenge von **7,8 Mrd.** Liter Heizöl bzw. m³ Erdgas)

praktisches Zubau-Potenzial* (Worst-Case):

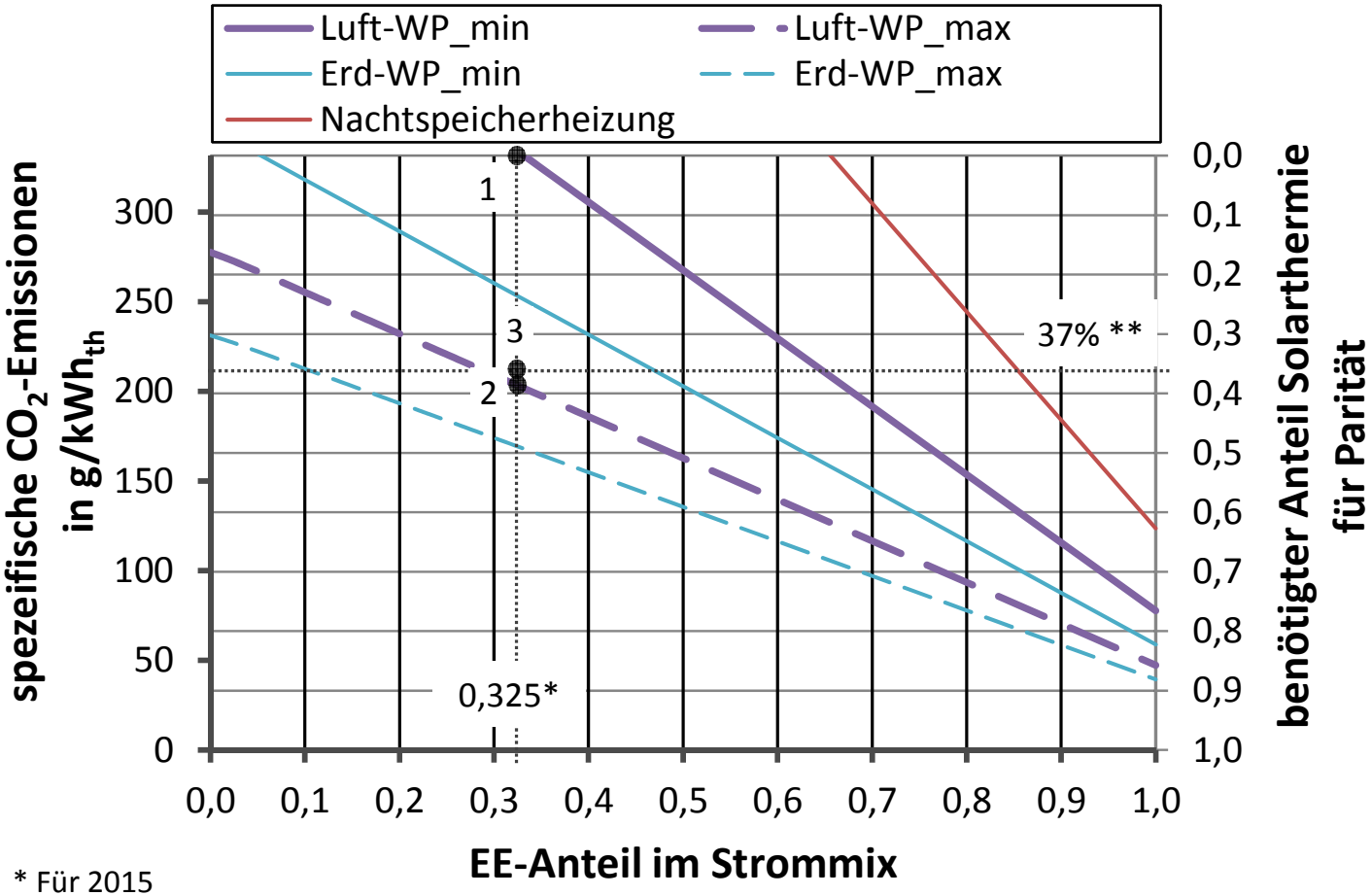
- Reduktion des technischen Potenzial um knapp 40%
- Solar substituierbarer Endenergieverbrauch: 35 bis 40 kWh/m²a
- 105 bis 210 Mio. m² Kollektorfläche bei 10,5 Mio. Anlagen
- Praktisches Potenzial: bis zu **15%** Vermeidung konventioneller Endenergie (entspricht einer Energiemenge von **4,8 Mrd.** Liter Heizöl bzw. m³ Erdgas)

Szenario	Solarthermisches Endenergie-Substitutions-Potenzial in PJ/a	Fossiler Rest-Endenergie--verbrauch in PJ/a	Primärenergie-Vermeidungs-Potenzial in PJ/a	CO_2-Vermeidungs-Potenzial in Mio. t/a
Minimal	127 bis 203	1.017 bis 941	141 bis 227	9,1 bis 14,6
Norm	148 bis 238	996 bis 907	165 bis 265	10,6 bis 17,1
Optimal	174 bis 280	970 bis 864	194 bis 312	12,5 bis 20,1

*praktisches Potenzial mindert das technische Potenzial durch Nicht-Berücksichtigung von vermieteten Gebäuden, sowie Gebäuden mit bereits bestehenden solaren Anlagen (PV oder ST)

Vergleich ausgewählter Technologien

Emissionen von Luftwärmepumpen in Bestandsgebäuden: Luft-WP im Vergleich zur Solarthermie



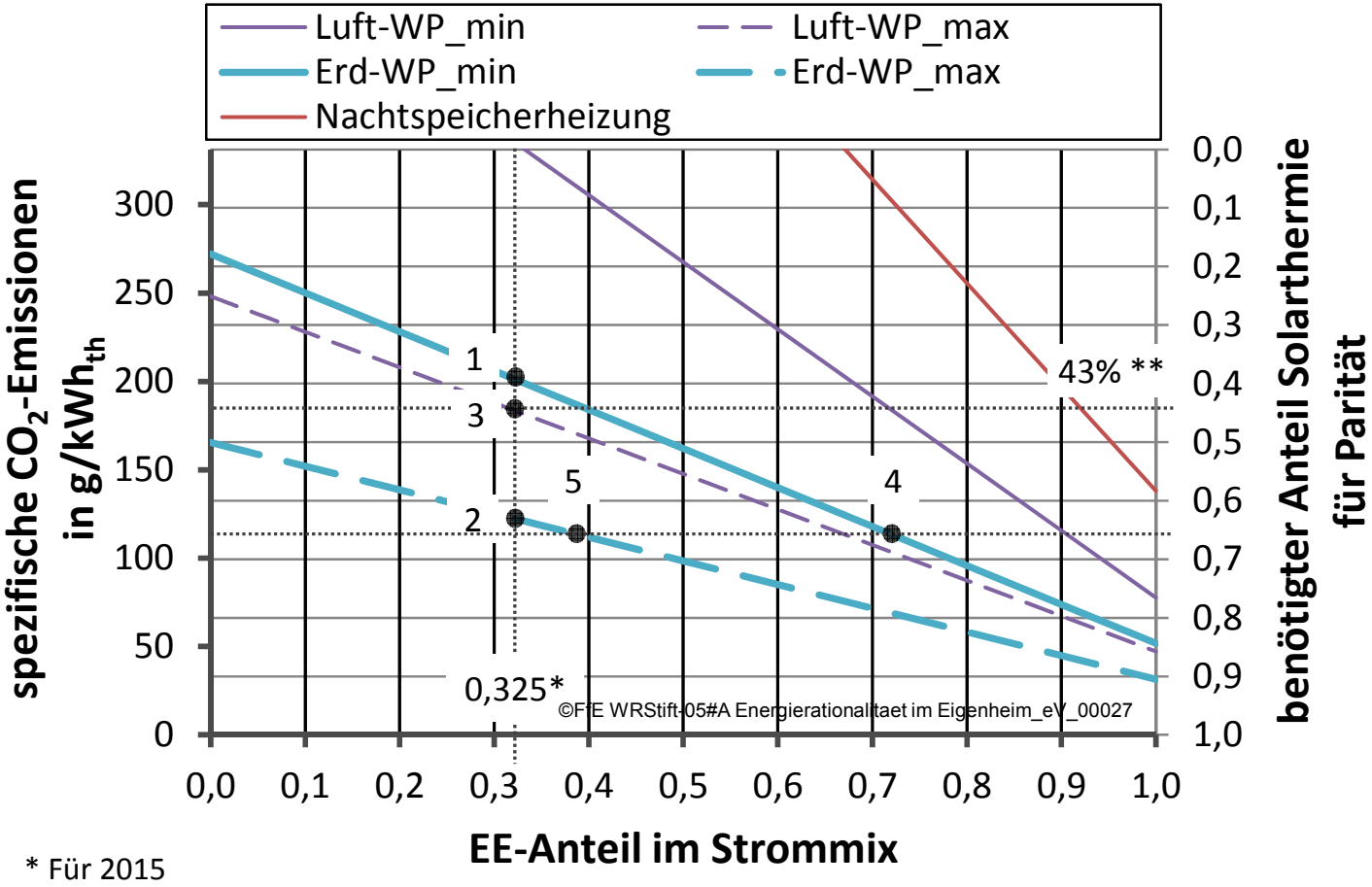
* Für 2015

** Für Bestandsgebäude bei kostenäquivalenter Solarthermie-Anlagengröße

Im Bestandsgebäude* können nur effizienteste Luft-WP vergleichbare Emissionen wie kostenäquivalente Solarthermie-Anlagen erreichen

*Bestandsgebäude: Raumwärmebedarf = 146 kWh/(m²*a)
Berechnungsgrundlage: Invest ohne Verzinsung; 20a Nutzungsdauer; Energiepreise (Juni 2016) konstant
! Mehr Power-to-Heat-Anlagen führen zu einer Divergenz zw. dem Strommix zu Bezugszeiten der WP und dem mittlerem Strommix

Emissionen von Erdwärmepumpen in effizienten Gebäuden: Erd-WP im Vergleich zur Solarthermie



* Für 2015

** Für effiziente Gebäude bei kostenäquivalenter Solarthermie-Anlagengröße

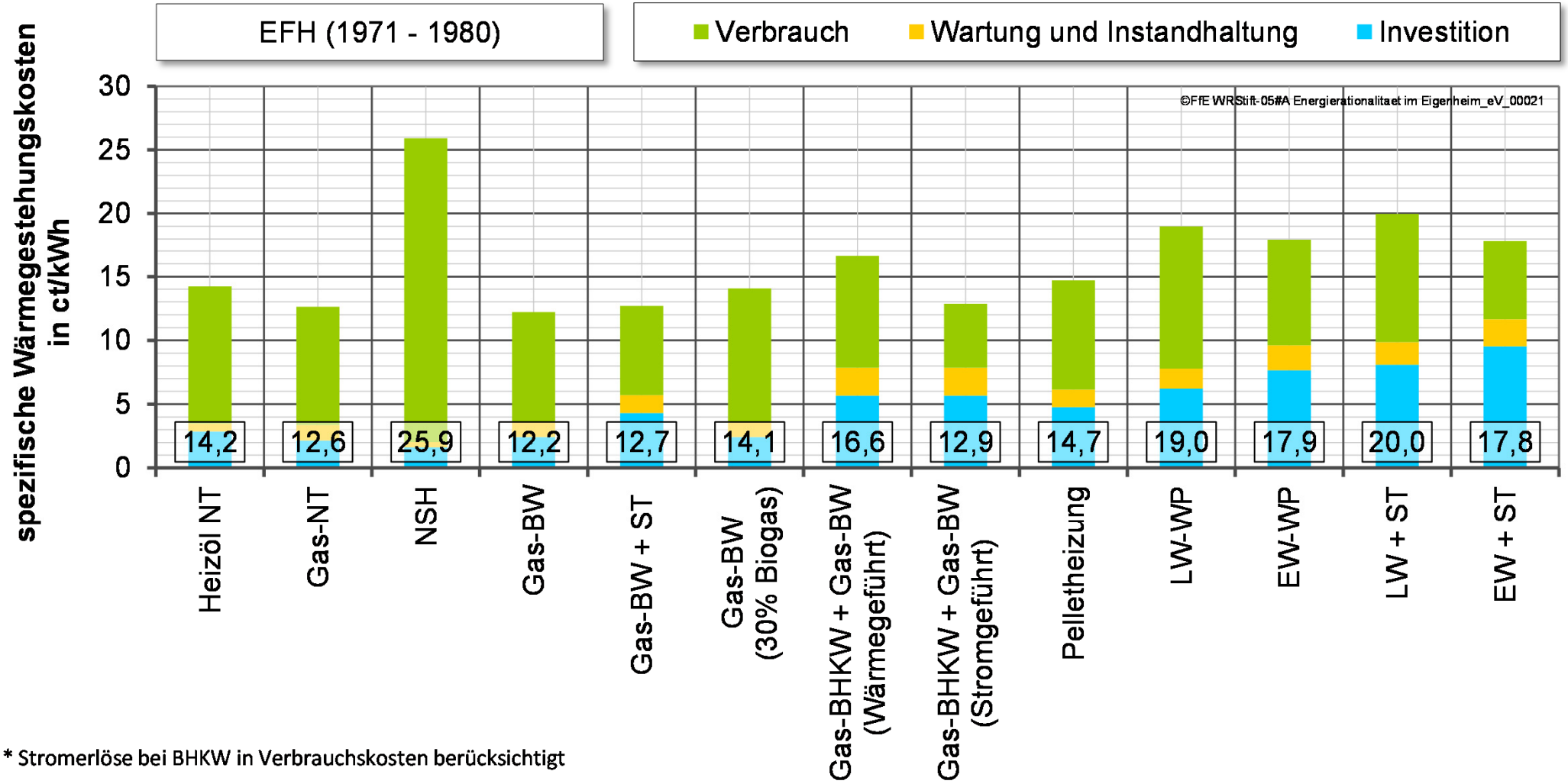
- Im effizienten Gebäude* können Erd-WP geringere Emissionen als kostenäquivalente Solarthermie-Anlagen erreichen
- Keine WP erreicht Emissionen von Solarhäusern die auf solare Erträge optimiert werden (großes Kollektorfeld & Saisonalspeicher)

*effizientes Gebäude : Raumwärmebedarf = 62 kWh/(m²*a)

Berechnungsgrundlage: Invest ohne Verzinsung; 20a Nutzungsdauer; Energiepreise (Juni 2016) konstant

! Mehr Power-to-Heat-Anlagen führen zu einer Divergenz zw. dem Strommix zu Bezugszeiten der WP und dem mittlerem Strommix

Wärmegestehungskosten im Bestandsgebäude

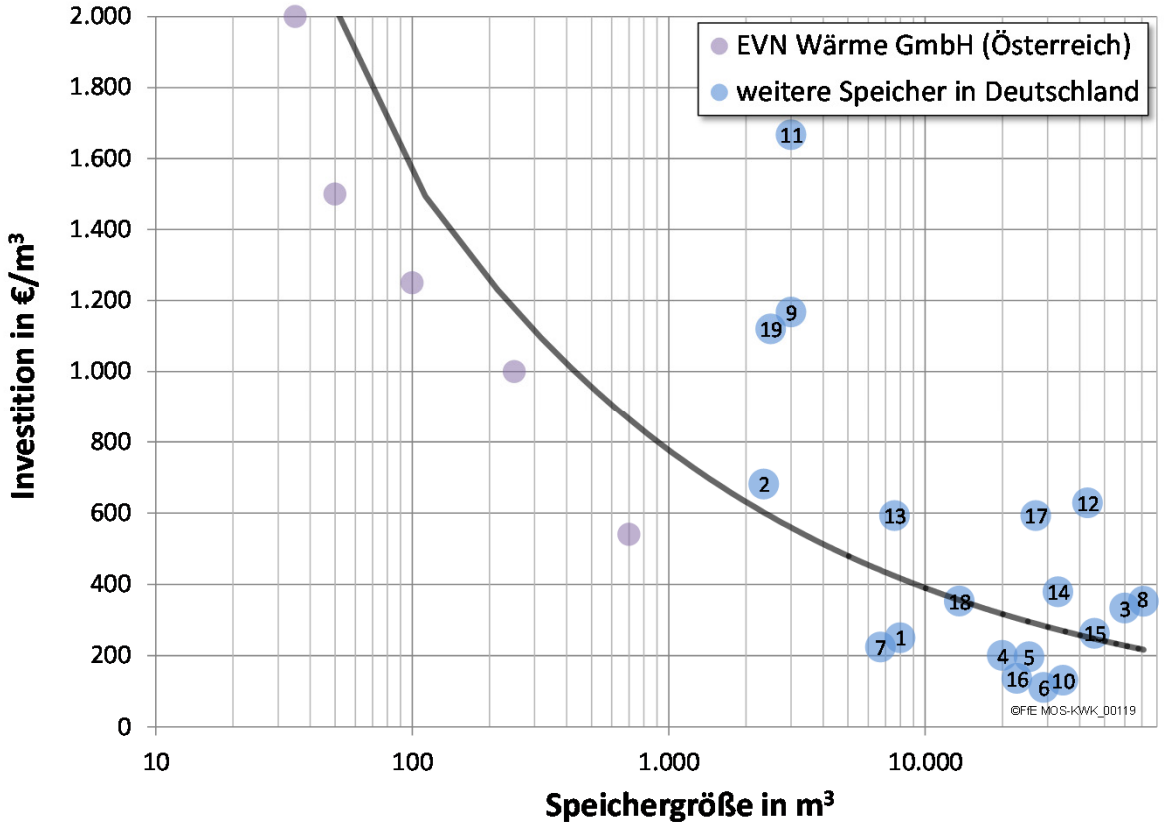


* Stromerlöse bei BHKW in Verbrauchskosten berücksichtigt

- Gas-Brennwert mit geringsten Wärmegestehungskosten (bei aktuellen Energiepreisen)
- Gas-Brennwert mit Solarthermie bzw. stromgeführten BHKW mit geringen WG-Kosten

Berechnungsgrundlage: Invest ohne Verzinsung; 20a Nutzungsdauer; Energiepreise (Stand Juni 16) konstant

Solarthermie im Nahwärmenetz: degressive Speicherkosten



Speicherbeispiele:
(1) Augsburg
(2) Bad Salzungen
(3) Berlin (geplant)
(4) Dessau
(5) Düsseldorf (geplant)
(6) Flensburg
(7) Halle
(8) Hamburg (geplant)
(9) Leipzig
(10) Linz
(11) Mainz
(12) Mannheim
(13) Münster
(14) Nürnberg
(15) Potsdam
(16) Saarlouis
(17) Salzburg
(18) Schwerin
(19) Ulm

Vorteile großer Solarthermieanlagen in Wärmenetzen ggü. dezentralen Anlagen:

- Wärmespeicher werden mit zunehmender Größe spezifisch kostengünstiger
- Installation/Montage ist bei Großanlagen spezifisch günstiger
- Höhere Kollektorerträge ca. 450 – 500 kWh/m² → kaum/keine Stagnationsausfälle

Solarthermie im Nahwärmenetz: ausgewählte Beispiele

Bezeichnung	Kollektorfläche in m²	Leistung in MW	Speichergröße in m³	Wärmepreis in €/MWh	Solarer Deckungsgrad
Vojens	70.000	49	203.000	42	45 %
Dronninglund	37.600	26	62.000		40 %
Marstal	33.000	24	87.100	30-55	55 %
Büsingen (geplant)	1.000				
Mengsberg (geplant)	3.000				18 %
Silkeborg (geplant)	150.000				
Graz (geplant)	500.000				

- Wirtschaftlich interessant ab 1 MW*
- Wärmegestehungskosten von 3 bis 5 ct/kWh*
- Dänemark ist Vorreiter bei Großprojekten → geplante Projekte in Deutschland & Österreich

Bildquelle: http://www.ens.dk/

* Stadler in Solarthemen – Sonderveröffentlichung Auszug aus Solarthemen-Heft 442

Zusammenfassung

- Energiewende findet seit Jahren nahezu ausschließlich im Stromsektor statt
- Wärmewende ist kaum sichtbar, obwohl mit 50% Endenergieanteil dominierender Bereich
- Es stehen zahlreiche regenerative Wärme-Technologien zur Verfügung
- Sanierungs- und Neubauraten von 0,2 bis knapp 0,6% pro Jahr müssen gesteigert werden
- Solarthermie kann im Einzelgebäude signifikanten Anteil zur Wärmewende beitragen. Bereits ohne Maßnahmen am Einzelgebäude können 15 bis 25% des fossilen Endenergieeinsatzes für Wärme vermieden werden
- In Kombination mit einer Optimierung der Gebäudehülle liegen die Potenziale noch höher
- Für Solarthermie in Wärmenetzen können die nutzbaren Kollektorerträge gesteigert werden und gleichzeitig die Stagnationshäufigkeit gesenkt werden
- Spezifische Investitionskosten für Kollektoren und vor Allem Wärmespeicher sinken mit der Größe der Anlage

Eine ganzheitliche Energiewende kann nur mit einer erfolgreichen Wärmewende gelingen

Die Solarthermie kann sowohl im Einzelgebäude als auch in Kombinationen mit Wärmenetzen einen wesentlichen Beitrag zu dieser notwendigen Wärmewende leisten

Potenziale & weitere Infos zur Solarthermie: www.solarthermiepotenziale.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Thematische Schwerpunkte:

- KWK & Fernwärme
- Regenerative Energien
- Power2Heat

M.Sc.
Jochen Conrad

+49 (89) 158121-54
jconrad@ffe.de

Mitglied des Managements & Projektmanager

Thematische Schwerpunkte:

- Wärmeversorgung von Gebäuden
- Regenerative Energien
- Ganzheitliche Analysen

Dr.-Ing. Dipl.-Phys.
Roger Corradini

+49 (89) 158121-29
RCorradini@ffe.de

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.
Am Blütenanger 71, 80995 München, www.ffe.de

Mehr Energierationalität für ein ressourcenschonendes Energiesystem