

Industrielles Power-to-Heat Potenzial

Anna Gruber, Franziska Biedermann, Serafin von Roon
Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
München

IEWT 2015

9. Internationale Energiewirtschaftstagung
Wien, 13. Februar 2015

Inhalt

1

Industrieller Wärmebedarf

2

Methodik zur Potenzialbestimmung

3

Elektrothermische Verfahren

4

Brennstoffbasierte Verfahren
Raumwärme
Prozesswärme

5

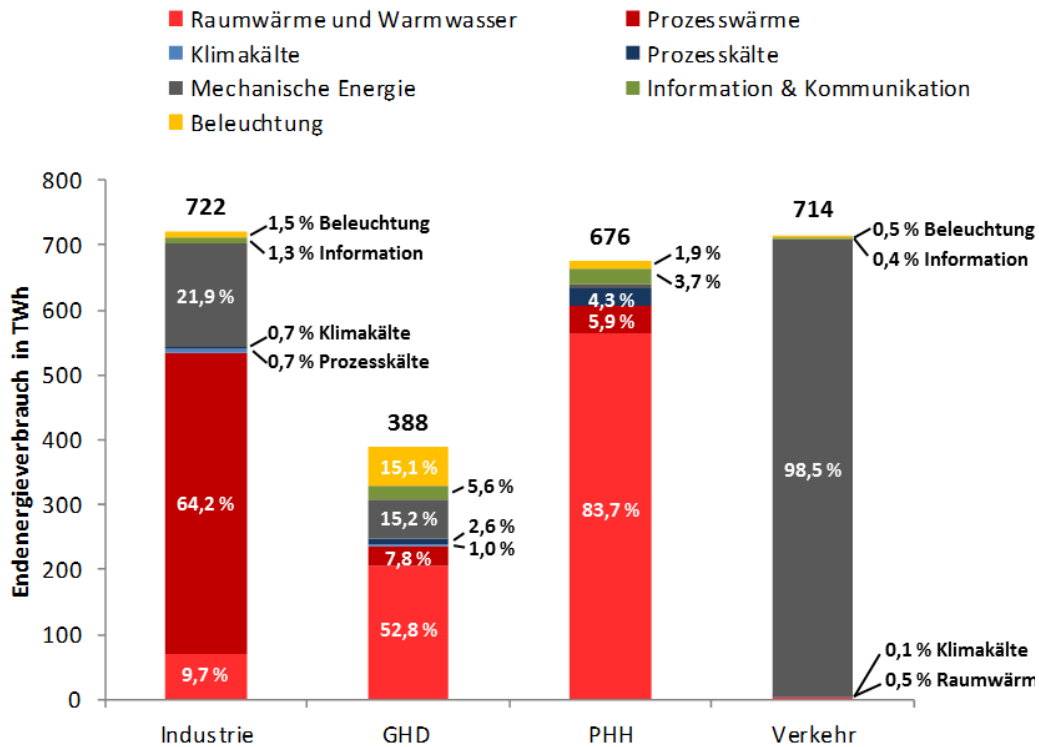
Umsetzung in der Praxis

6

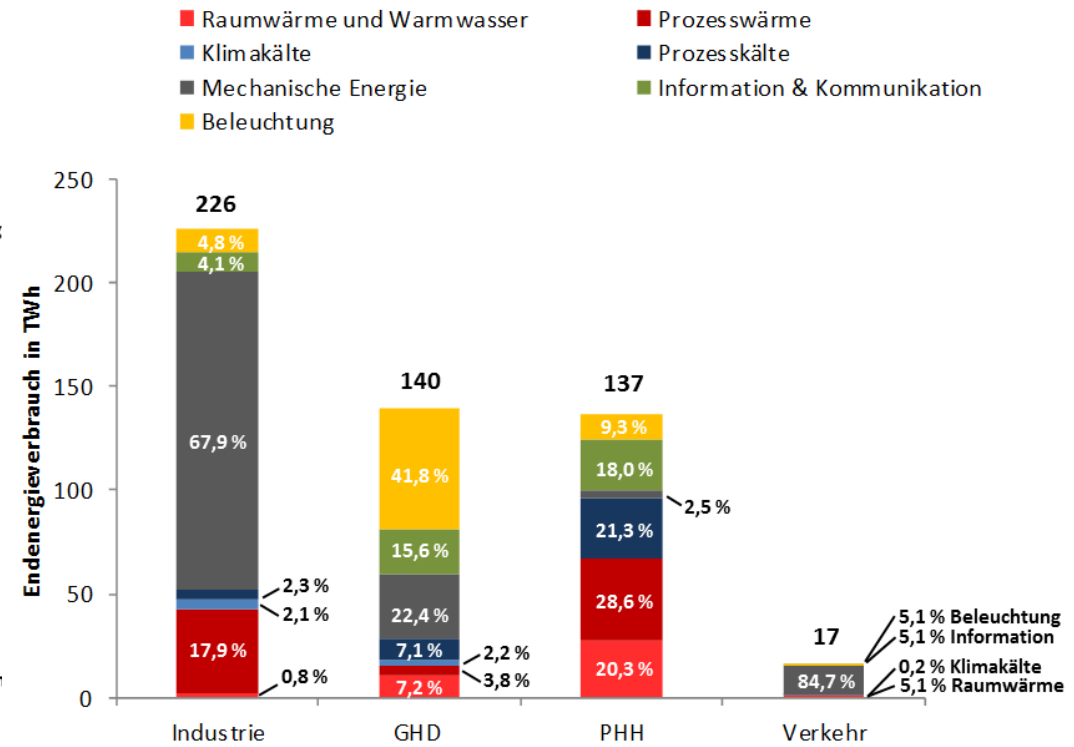
Fazit und Ausblick

Endenergie- und Stromverbrauch nach Sektoren und Anwendungsarten

Endenergieverbrauch nach Sektoren und Anwendungsarten in Deutschland 2012



Stromverbrauch nach Sektoren und Anwendungsarten in Deutschland 2012

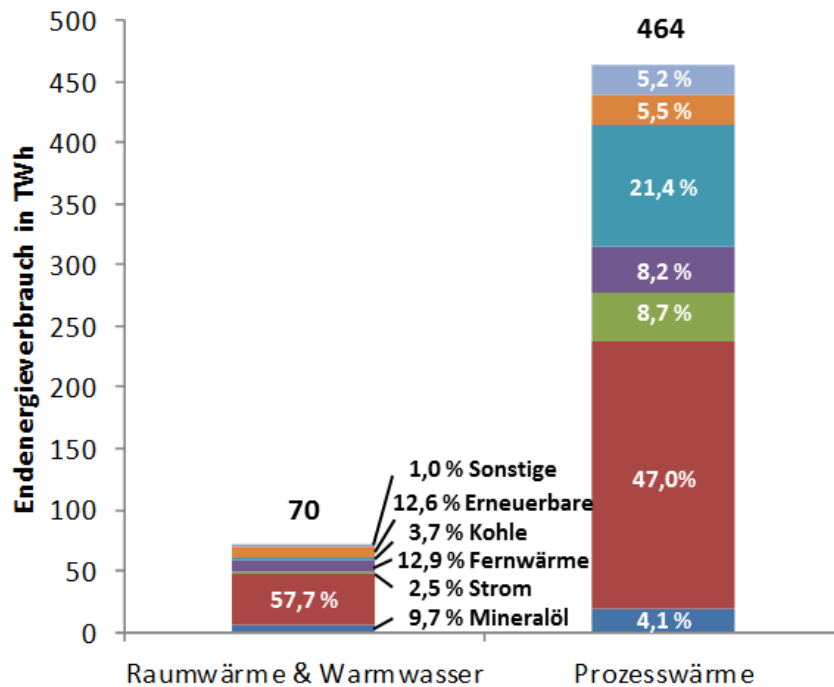


- Ca. 74 % des industriellen Endenergieverbrauchs für industrielle Wärmeanwendungen
- Etwa 18% des industriellen Stromverbrauchs für Wärmeerzeugung

Industrielle Raum- und Prozesswärmeerzeugung nach Energieträgern

Wärmeanwendungen der Industrie nach Energieträgern in Deutschland 2012

■ Mineralöl ■ Gase (fossil) ■ Strom ■ Fernwärme
■ Kohlen ■ Erneuerbare ■ Sonstige



- Strom für Raumwärmeerzeugung nahezu vernachlässigbar
- Erdgas dominierender Energieträger zur Wärmeerzeugung

- Theoretisches PZH-Potenzial (2012)
 - 534 TWh
 - 61 GW

Bierdeckelrechnung

Methodik zur Potenzialermittlung

Wärmeerzeugung in der Industrie

Elektrothermische Verfahren

Raumwärme

- Kaum vorhanden

Prozesswärme

- Widerstandserwärmung (direkt/indirekt)
- Induktive Erwärmung
- Elektrolyse
- Lichtbogen

Brennstoffbasierte Verfahren

Raumwärme

- Heißwasser/Dampf
- Direktbefuerung

Prozesswärme

- Heißwasser/Dampf
- Direktbefuerung



Flexibilisierungspotenzial

Wie hoch ist die Flexibilität von strombasierten Verfahren zur Wärmeerzeugung?



Elektrifizierungspotenzial

Welche brennstoffbasierten Verfahren zur Wärmeerzeugung können elektrifiziert werden?
 → Ausgewiesenes Potenzial gilt für Hybridsystem (bivalente Erzeugung)

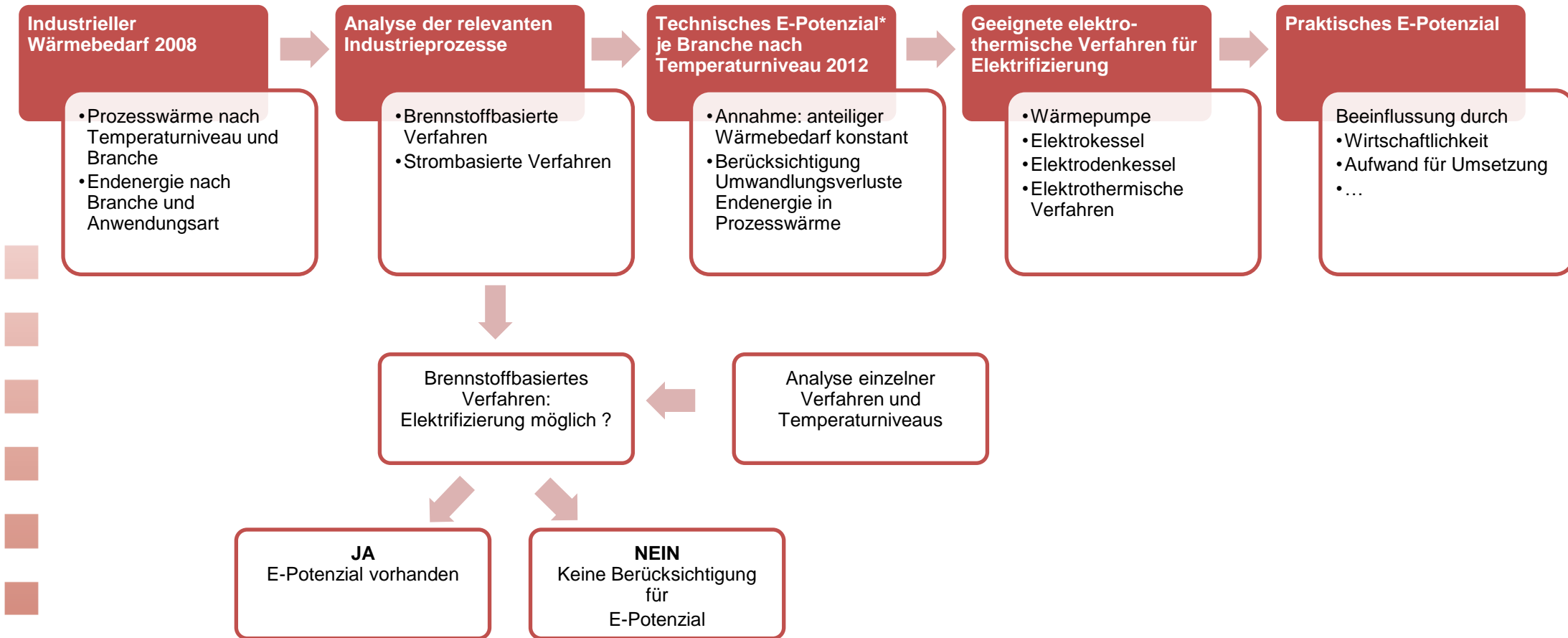
Bewertung der Flexibilität elektrothermischer Verfahren

		Verfahren	Art der Erwärmung	Anlage	Betrieb	Flexibilisierung (technisch) möglich	Beeinflussung Produktqualität	hoher organisatorischer Aufwand	praktisch geeignet für Flexibilisierung
Widerstandserwärmung	direkt	konduktive Erwärmungsanlagen (Standanlagen)		diskontinuierlich	✓		✓		✗
		konduktive Erwärmungsanlagen (Durchlaufanlagen)		kontinuierlich	✓		✓		✗
		Widerstandsschweißanlage		diskontinuierlich					✗
		Elektroschlackeumsmelzverfahren		diskontinuierlich	✓	(✓)			✗
		Siliziumcarbid-Ofen		diskontinuierlich	✓	✓			✗
		Graphitierungsöfen		diskontinuierlich	✓	✓			✗
		Elektroglasschmelzöfen - vollelektrisch beheizte Glasschmelze		diskontinuierlich	✓				✓
		Elektroglasschmelzöfen - el. Zusatzbeheizung von Glasschmelzen		kontinuierlich	✓				✓
		Elektrodensalzbadöfen		kontinuierlich	✓	✓			✗
	Elektrodenkessel		diskontinuierlich	✓				✓	
	indirekt	Strahlungsöfen, Heißluft-/Umluftöfen		kontinuierlich / diskontinuierlich	✓	✓	(✓)		✗
		Widerstandsöfen		kontinuierlich / diskontinuierlich	✓	✓			✗
		Walzetrockner		kontinuierlich	✓		✓		✗
		Elektrokessel		diskontinuierlich	✓				✓
		Heizschwert		diskontinuierlich	✓				✓
		Galvanik		diskontinuierlich	✓	✓	✓		✗
		Infrarotstrahler (Prozesswärme)		diskontinuierlich	✓	✓	✓		✗
		Infrarotstrahler (Raumwärme)		diskontinuierlich	✓				✓
Aluminiumelektrolyse			kontinuierlich	✓				✓	
induktive Erwärmung	Chlorelektrolyse		kontinuierlich	✓				✓	
	induktive Erwärmung	induktives Glühen (mobile Geräte)		diskontinuierlich	✓	✓			✗
		induktives Härten		diskontinuierlich	✓	✓			✗
		induktives Löten		diskontinuierlich					✗
		induktives Schweißen		diskontinuierlich					✗
		Induktives Schmelzen (Tiegelöfen)		diskontinuierlich	✓				✓
Induktives Schmelzen (Rinnenöfen)			kontinuierlich	✓		✓		✗	
dielektrische Erwärmung	Hochfrequenz-Trocknung		kontinuierlich / diskontinuierlich	✓	✓			✗	
	Mikrowellentrocknung		kontinuierlich / diskontinuierlich	✓	✓			✗	
Lichtbogen-erwärmung	Lichtbogenöfen		diskontinuierlich	✓				✓	
	Plasma-strahlererwärmung	Plasmaschmelzöfen		diskontinuierlich	✓	✓			✗
Plasmaschneiden			diskontinuierlich					✗	
Elektronen-strahlererwärmung	Elektronenstrahlkanone		diskontinuierlich	✓	✓	✓		✗	
	Laserstrahl-erwärmung	Laser		diskontinuierlich					✗

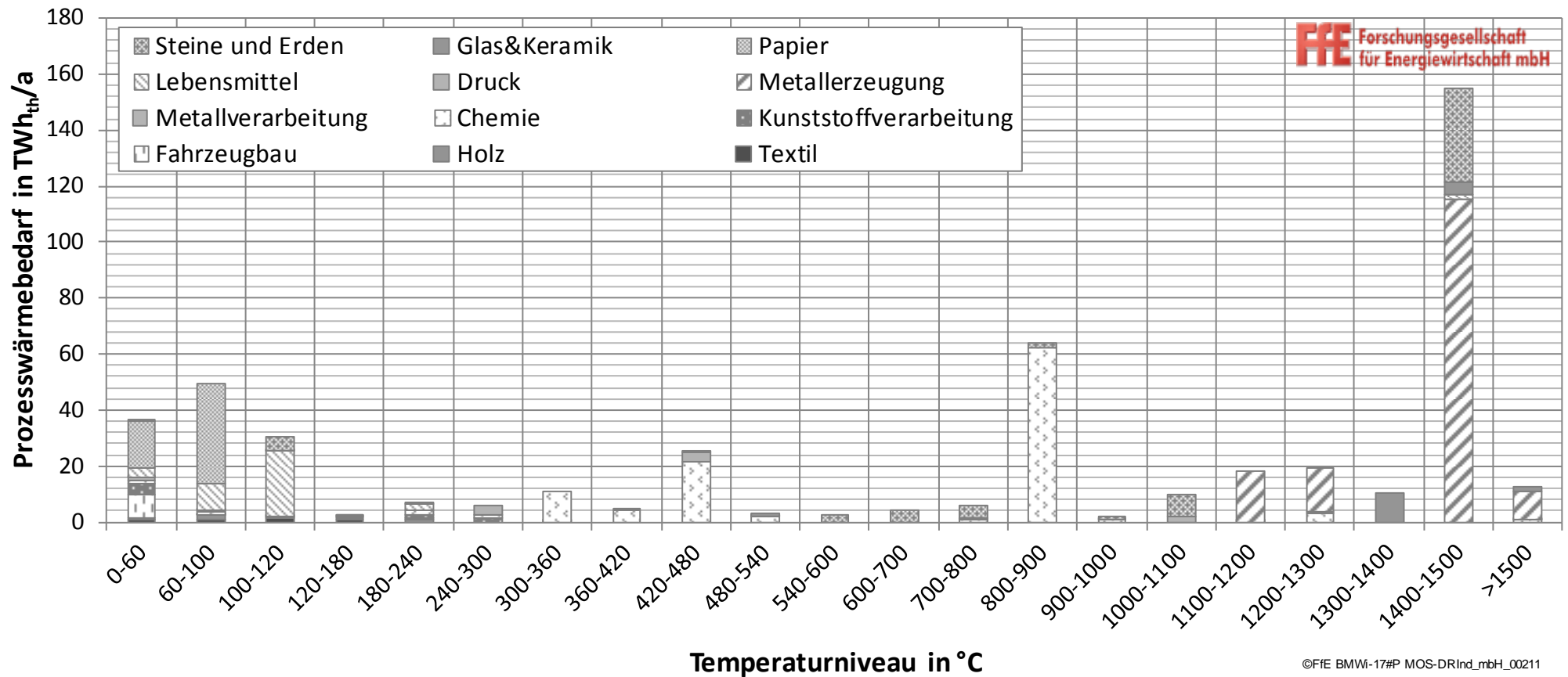
- Für Flexibilisierung geeignet:
- Elektroglasschmelzöfen
 - Elektrodenkessel
 - Elektrokessel
 - Elektrisches Heizschwert
 - Aluminiumelektrolyse
 - Chlorelektrolyse
 - Tiegelöfen (induktives Schmelzen)
 - Lichtbogenöfen

	Potenzial in Deutschland	Potenzial in Österreich	
Aluminiumelektrolyse	270	-	MW
Chlorelektrolyse	590	10	MW
Elektrolichtbogenöfen	718	33	MW

Methodik Elektrifizierungspotenzial brennstoffbasierter Verfahren zur Prozesswärmeerzeugung



Prozesswärmebedarf nach Branche und Temperaturniveau



©FFE BMWi-17#P MOS-DRInd_mbH_00211

Auszug an Prozessen nach Branche

- Differenzierung nach
 - Heißwasser-/Dampfprozessen und
 - Direktbefeuern

Branche	Auszug an Prozessen
Textil	Waschen
	Trocknen
	Färben
	Fixieren
	Veredelung
Holz	Kochen / Dämpfen
	Trocknung
	Pressen
Fahrzeugbau	Trocknen
	Beschichten
	Stoffeigenschaftsänderung
Kunststoffverarbeitung	Vorbehandlung (z.B. Trocknung)
	Plastifizieren
	Umformen
	Reinigen
Metallverarbeitung	Nachbehandlung (z.B. Trockner)
	Umformen / Schmieden
	Trennen
	Fügen
	Beschichten
	Stoffeigenschaftsänderung

Branche	Auszug an Prozessen
Metallerzeugung	Urformen / Gießen
	Sintern
	Roheisenerzeugung
Druck	Trocknen
	Thermische Nachverbrennung
Lebensmittel	Trenn- und Zerteilungsprozesse
	Erwärmen und Erhitzen
	Trocknungsprozesse
	Homogenisierung
Papier	Thermische Konservierung
	Aufbereitung
	Pressen
	Trocknen
Glas&Keramik	Veredelung
	Schmelzen
	Glühen
	Granulieren
Steine und Erden	Trocknen
	Brennen
	Trocknen

Potenzialermittlung

Technisches Potenzial

Aus technischer Sicht können alle brennstoffbasierten Verfahren elektrifiziert werden:

- In 2012 ca. 460 TWh Endenergie für Prozesswärme: gesamte Prozesswärme elektrisch erzeugbar
- Abzüglich Strom und Erneuerbare für Prozesswärme sowie Wirkungsgrad brennstoffbasierter Verfahren ca. 350 TWh verbleibend



Praktisches Potenzial

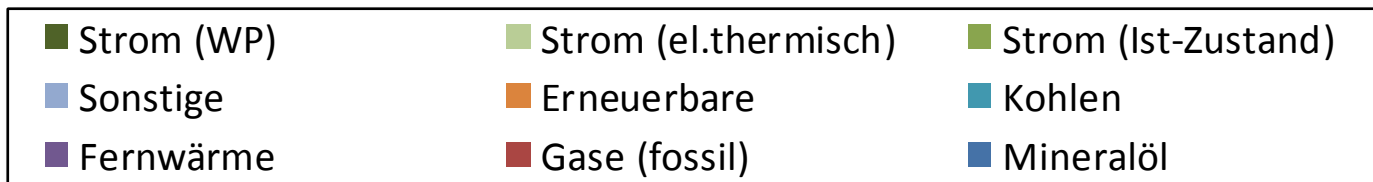
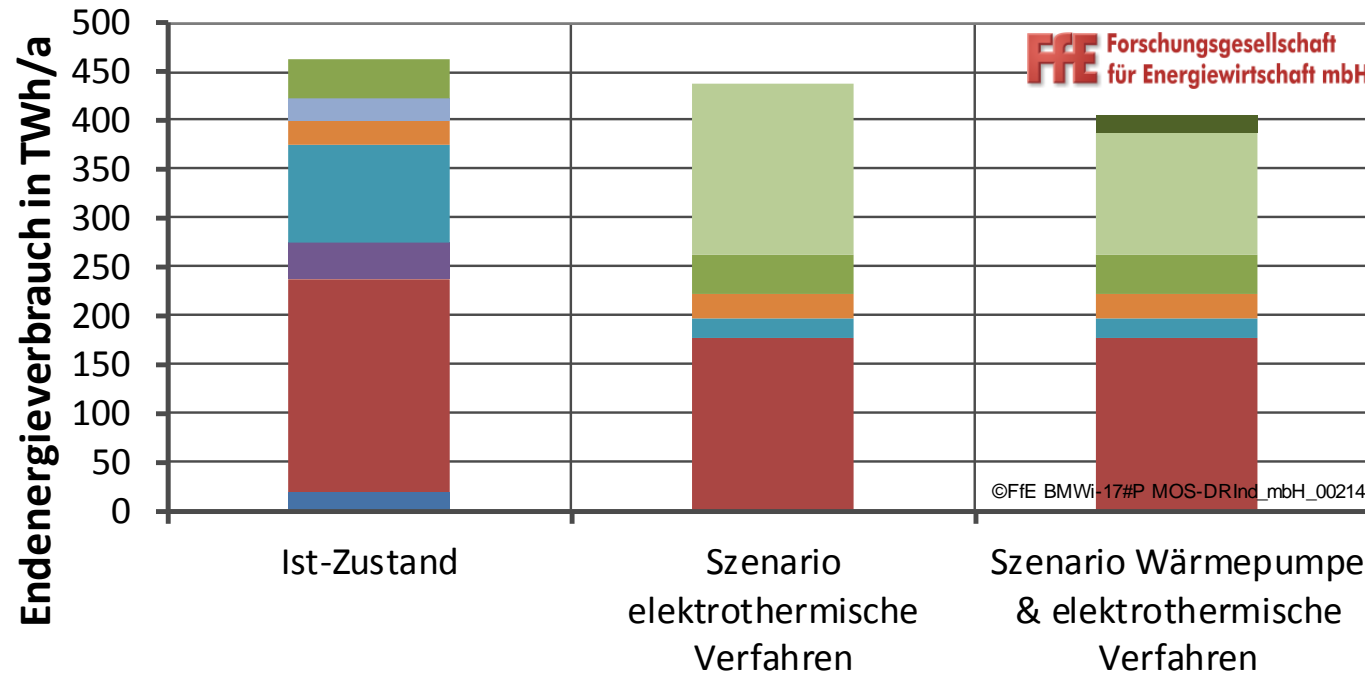
Einflüsse, die mindernd auf Potenzial wirken:

- Brennstoff wird im Verfahren auch als Rohstoff eingesetzt (z.B. Koksherstellung)
- Elektrifizierung ist mit einem Anlagenneubau verbunden (z.B. Rohstahlerzeugung im Hochofen vs. Elektrostahlofen)

Folgende Prozesse werden als nicht elektrifizierbar identifiziert:

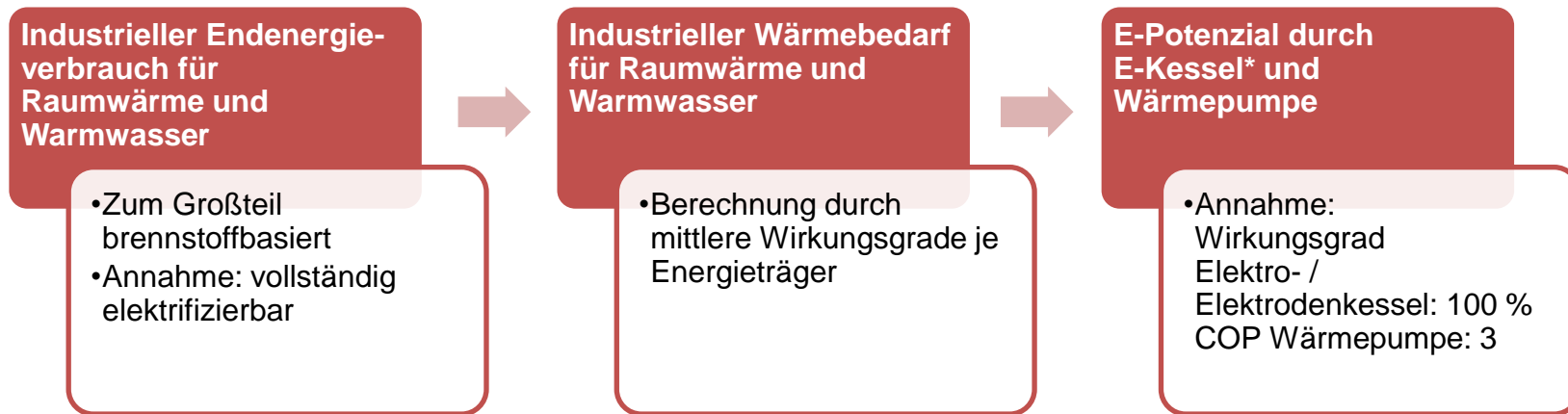
- Koksherstellung
- Stahlerzeugung im Hochofen
- Primärkupferherstellung
- Glaserzeugung
- Einzelne Prozesse der Grundstoffchemie wie Methan- und Ammoniakproduktion

Elektrifizierung brennstoffbasierter Prozesswärmeerzeugung

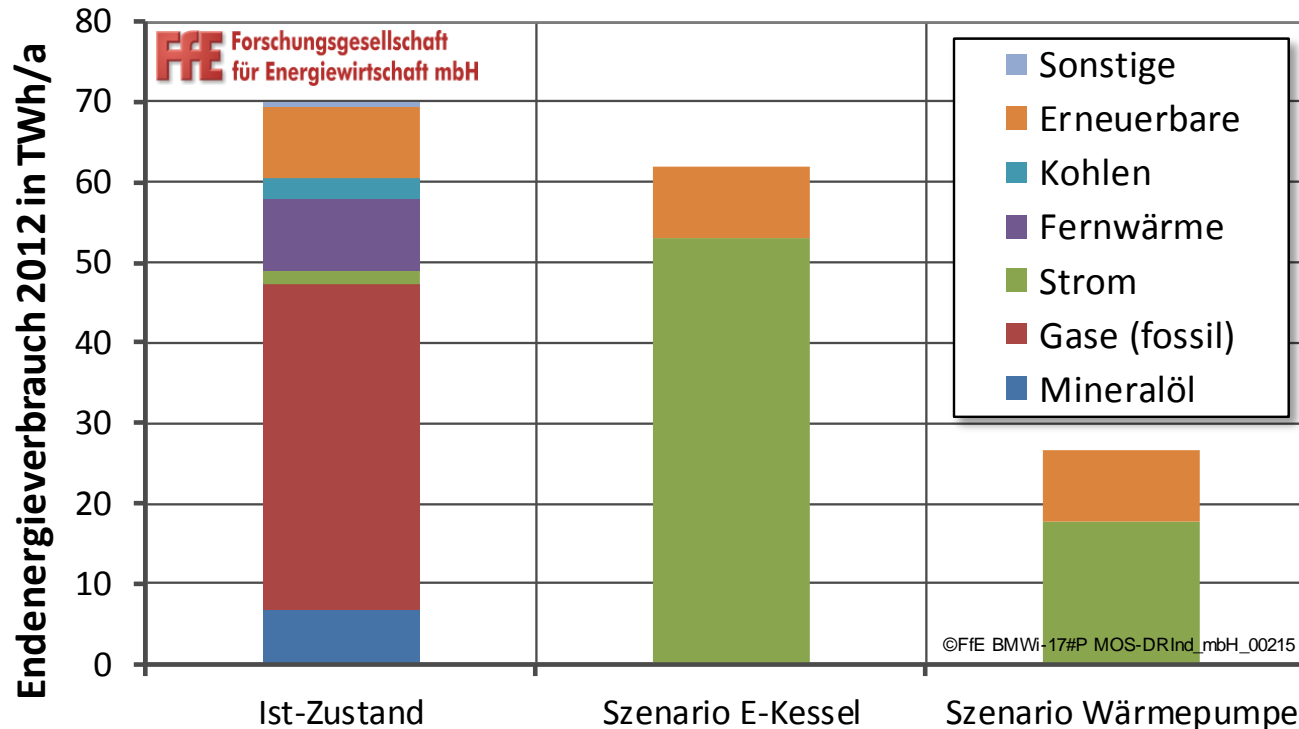


- Praktisches Potenzial nach Abzug der mindernden Einflüsse auf das technische Potenzial
- 180 TWh Strom bzw. 29 GW*
- Inkl. Wärmepumpen: 140 TWh Strom bzw. 24 GW*

Methodik Elektrifizierungspotenzial brennstoffbasierter Verfahren zur Raumwärmeerzeugung



Elektrifizierung brennstoffbasierter Raumwärmeerzeugung

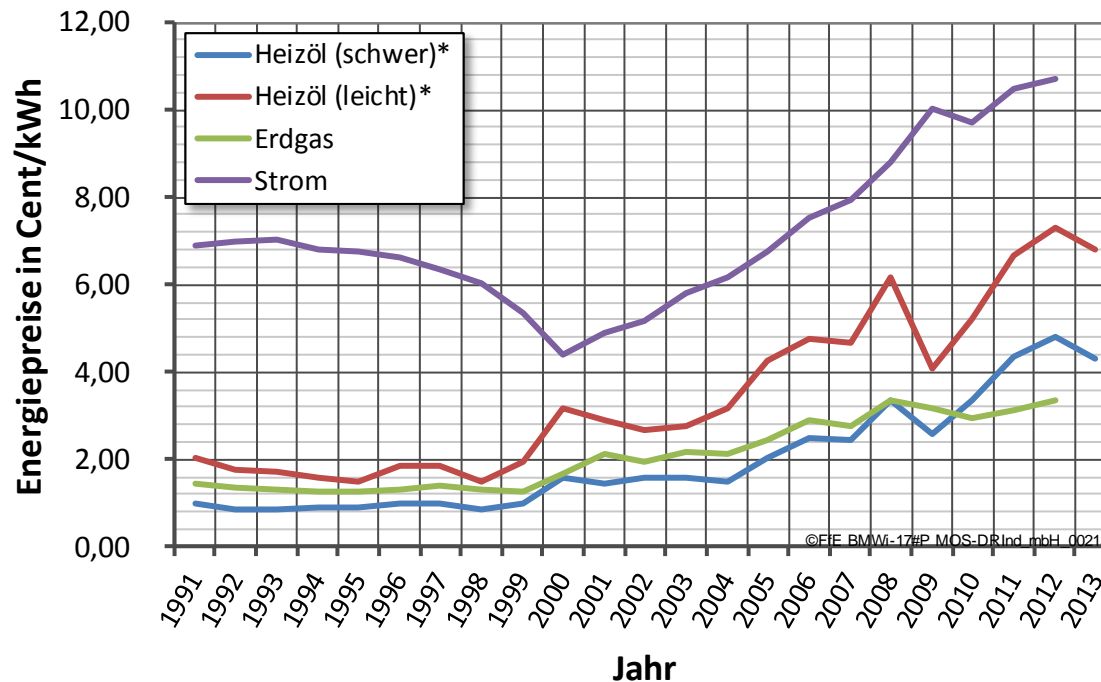


- Praktisches Potenzial nach Abzug der mindernden Einflüsse auf das technische Potenzial (hier Abzug Wärmeerzeugung durch Erneuerbare und Strom)
- 53 TWh Strom (E-Kessel) bzw. 18 TWh Strom (Wärmepumpe**) in 2012
- 15 GW* (E-Kessel) bzw. 5 GW* (Wärmepumpe**)

Umsetzbarkeit in der Praxis

- Einfache Realisierung der Elektrifizierung bei Heißwasser- / Dampfsystemen
 - Elektro- / Elektrodenkessel und elektrische Heizstäbe erfordern geringe Investitionen
 - Lediglich Einbindung in bestehendes Hydrauliksystem inkl. Integration in Heizungssteuerung erforderlich

- Hemmnis: deutlich höhere Strompreise i. Vgl. zu Brennstoffpreisen



*Preise für Heizöl beziehen sich auf den Heizwert

Zusammenfassung und Ausblick

Heute:

- Flexibilisierungspotenzial nur vereinzelt vorhanden
- Bedeutendes Elektrifizierungspotenzial aus technischer Sicht vorhanden:
 - Erhöhung der elektrischen Last im Mittel an einem Winter-Werktag:
29 (24) GW Prozesswärme + 15 (5) GW Raumwärme = 44 (29) GW
 - Stark mindernde Einflussfaktoren
 - + Einfache Realisierung von hybriden Systemen zur Heißwasser- und Dampferzeugung

Zukünftige Entwicklung:

- Neue strombasierte Verfahren als Alternative zu brennstoffbasierten Verfahren
- Weitere flexibilisierbare Verfahren (z.B. Power-to-Chemistry)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. (FH) Anna Gruber
+49 (89) 158121-62
agruber@ffe.de

Forschungsgesellschaft für Energiewirtschaft mbH
Am Blütenanger 71
80995 München
www.ffegmbh.de

Das Projekt wird finanziert von:



DAIMLER

Gefördert durch:

EnBW

e-on

EWE



Grünwerke

mark 
Energie, die bewegt.

RWE
The energy to lead

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

SWM

stadtwerke
rosenheim

Tennet
Taking power further

Verbund