

Groß-Wärmepumpen in der Industrie

Potenziale, Hemmnisse und Best-Practice-Beispiele

Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg

J. Lambauer, M. Ohl, M. Blesl, U. Fahl, A. Voß

Groß-Wärmepumpen-Symposium

12. Juni 2008, Stuttgart

Inhalt

- Stand der Technik
- Marktanalyse
- Best-Practice-Beispiele
- Hemmnisanalyse
- Randbedingungen für den Einsatz von Groß-Wärmepumpen (GWP)
- Potenzialanalyse

Stand der Technik

- Leistungsbereich von 100 kW bis 1500 kW Heizleistung (bis 34 MW)
- Arbeitsmittel: R 134a, R 407c
- Spiralverdichter (Scrollverdichter) bis ca. 200 kW Heizleistung, Kolbenverdichter bis ca. 400 kW, größere Anlagen (80-2.500 kW) mit Schraubenverdichter, Turbinenverdichter im Bereich < 600 kW
- Anzahl der Verdichter: 1 - 4 Stück (bis 6)
- COP: 2,4 - 5,3 (Limit 6 - 7)
- Maximale Vorlauftemperatur 65 °C bis 70 (75) °C einstufig, bis 80 °C zweistufig
- Plattenwärmetauscher für Flüssigkeiten 5 - 500 kW, Bündelrohrwärmetauscher für Flüssigkeiten 50 - 2.000 kW, Lamellenwärmetauscher für Gase 5 - 500 kW

Marktanalyse

- Geringe Anzahl an GWP-Herstellern im Bereich > 100 kW
- Teilweise unübersichtliche Darstellung der Produktpaletten im Groß-Wärmepumpenbereich
- Haupteinsatzbereich Raumwärme / Brauchwarmwasser
- Nutzung von Abwasser mit wachsender Bedeutung (siehe Schweiz)
- Informationen der Verbände nicht vorhanden bzw. veraltet
- Keine Bestandszahlen für „Groß-Wärmepumpen“ verfügbar
- Neue Anwendung: „Gas-Klimageräte“ mit Bedeutung für GHD-Sektor

Best-Practice-Beispiele

	Art	Nutzung	Wärmequelle	Bemerkung
A	elektr. WP 90 kW _{th}	Raumwärme	Abwärme von Spritzgussmaschinen	Raumwärme Bivalenter Betrieb (Öl) 37 % WP-Anteil
B	elektr. WP 500 kW _{th}	Heizwärme	Maschinenabwärme (Kühlturm)	Raumwärme Bivalenter Betrieb (Gas) 68 % WP-Anteil
C	elektr. WP 970 kW _{th}	Klimatisierung	Produktionsabwärme	Monovalenter Betrieb Investitionsgutschrift für Wegfall Kälteanlage
D	Gas-WP 400 kW _{th}	Entfeuchtung / Wassererwärmung	Feuchte Luft	Bivalenter Betrieb (Gas) 66 % WP-Anteil
E	elektr. WP 970 kW _{th}	Beheizung	Produktionsabwärme	Raumwärme Bivalenter Betrieb (Gas) 17 % WP-Anteil
F	elektr. WP 324 kW _{th}	Klimatisierung	Grundwasser	Neubau Monovalenter Betrieb
G	elektr. WP 430 kW _{th}	Klimatisierung	Grundwasser	Neubau Bivalenter Betrieb (Gas) 51 % WP-Anteil (Heizen)
H	elektr. WP 430 kW _{th}	Klimatisierung	Grundwasser	Neubau Monovalenter Betrieb

Best-Practice-Beispiele: Berechnungen

- Endenergieverbrauch
- Primärenergieverbrauch
- CO₂-Emissionen
- Amortisationszeit
- Kosten zur Nutzenergiebereitstellung (Wiederbeschaffungswert)
- Sensitivitätsanalyse (Variation des COP und der Energiepreise)

Rahmenannahmen für Berechnungen

Preise	Öl	Gas	Strom
	[€/kWh]	[€/kWh]	[€/kWh]
Industrie	0,049	0,037	0,107

Quelle: destatis 2008

CO ₂ -Emissionsfaktor	Öl	Gas	Strom
	[kg/kWh]	[kg/kWh]	[kg/kWh]
Deutschland-Mix	0,2664	0,2016	0,5760
Mittellast	0,2664	0,2016	0,7056

Quelle: VDEW

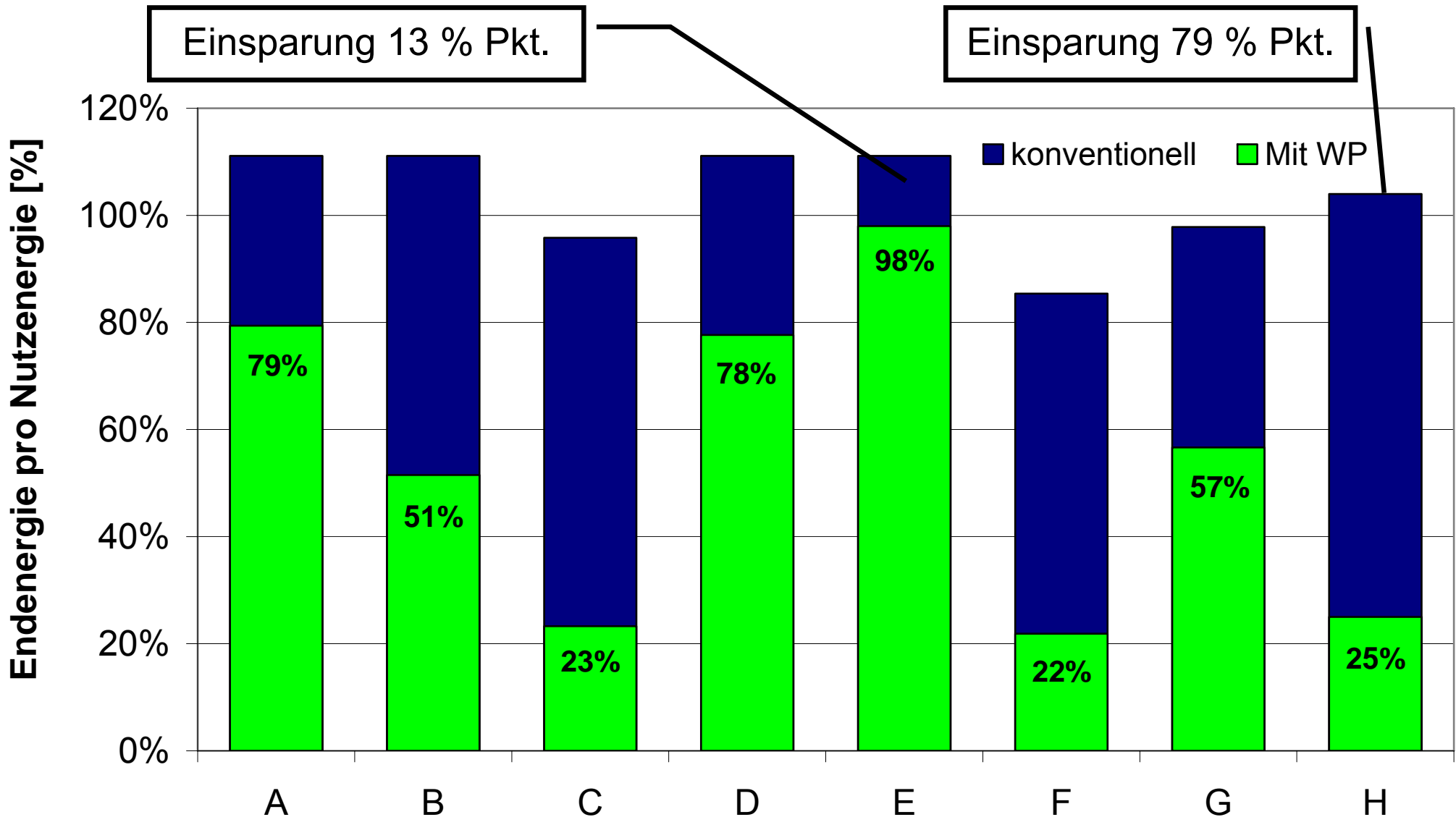
Primärenergiefaktoren	Öl	Gas	Strom
	1,10	1,10	2,70

Quelle: DIN V 18599-1

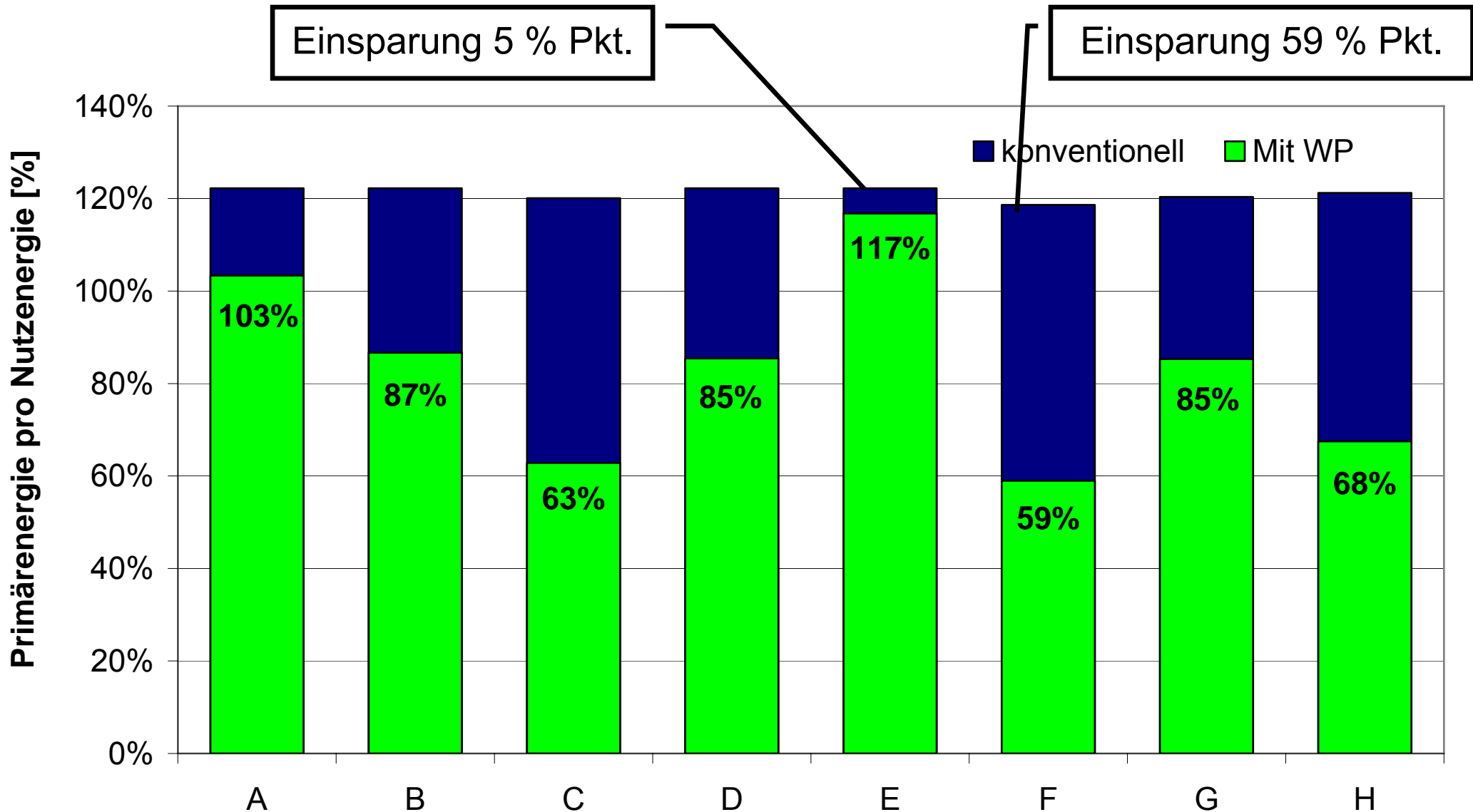
Annuität	Strom Wärmepumpe	Gas Wärmepumpe	Brunnenanlage
Diskontsatz	9 %	9 %	9 %
Jahre	20	15	50
Annuitätsfaktor	0,109546475	0,124058883	0,09122687

Quelle: VDI 2067 Blatt 1

Vergleich Endenergieverbrauch

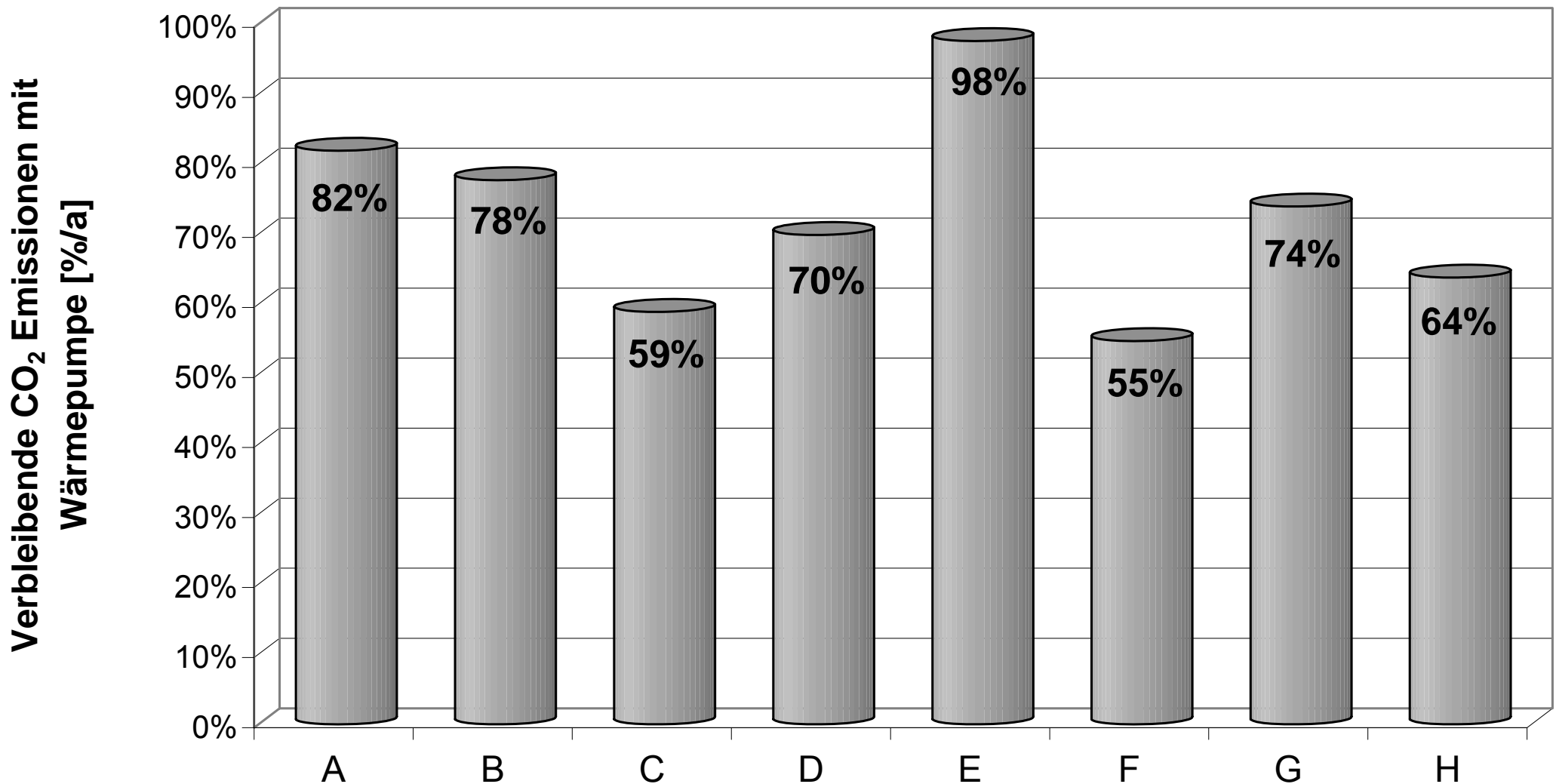


Vergleich Primärenergieverbrauch

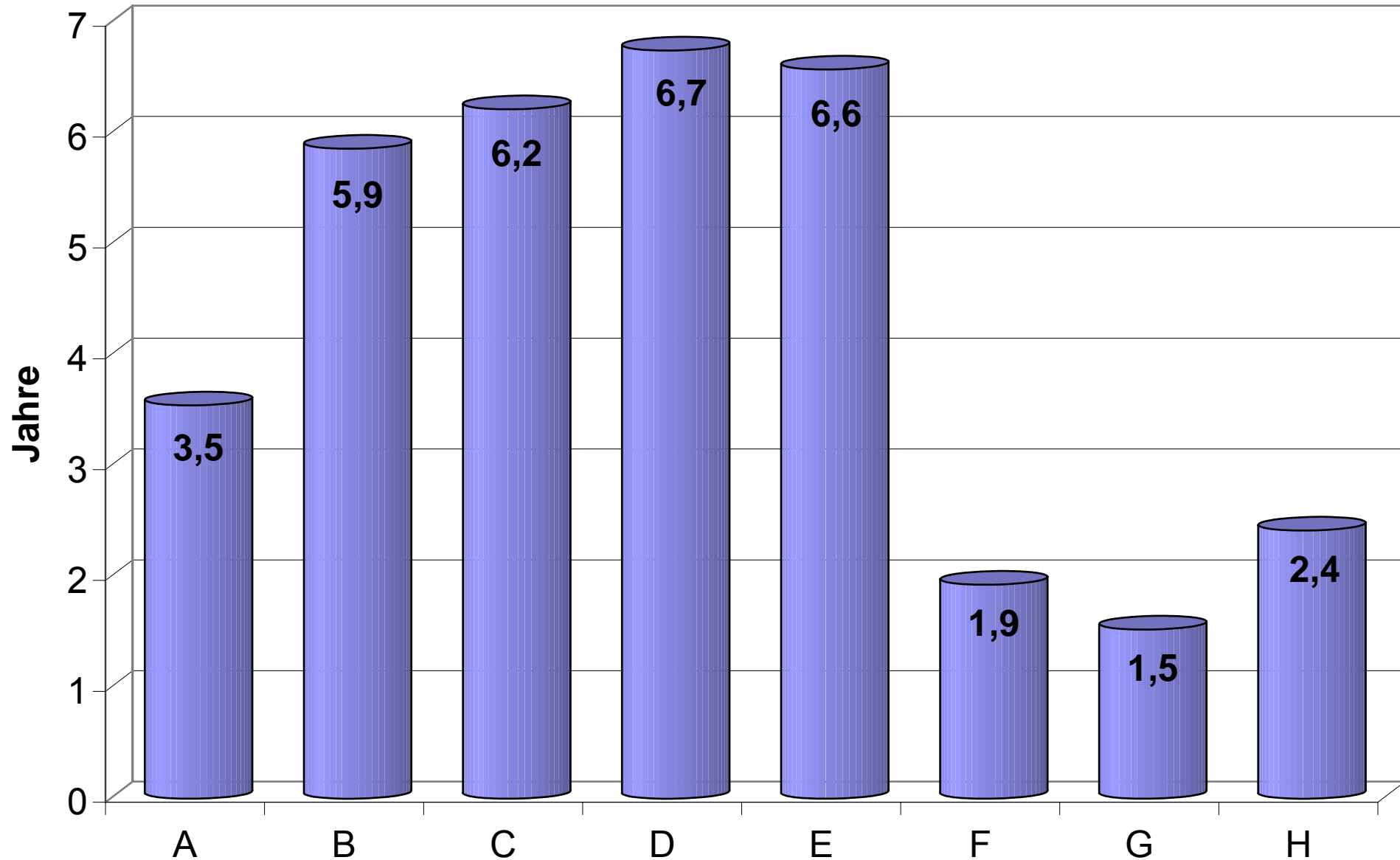


Vergleich CO₂-Emissionen

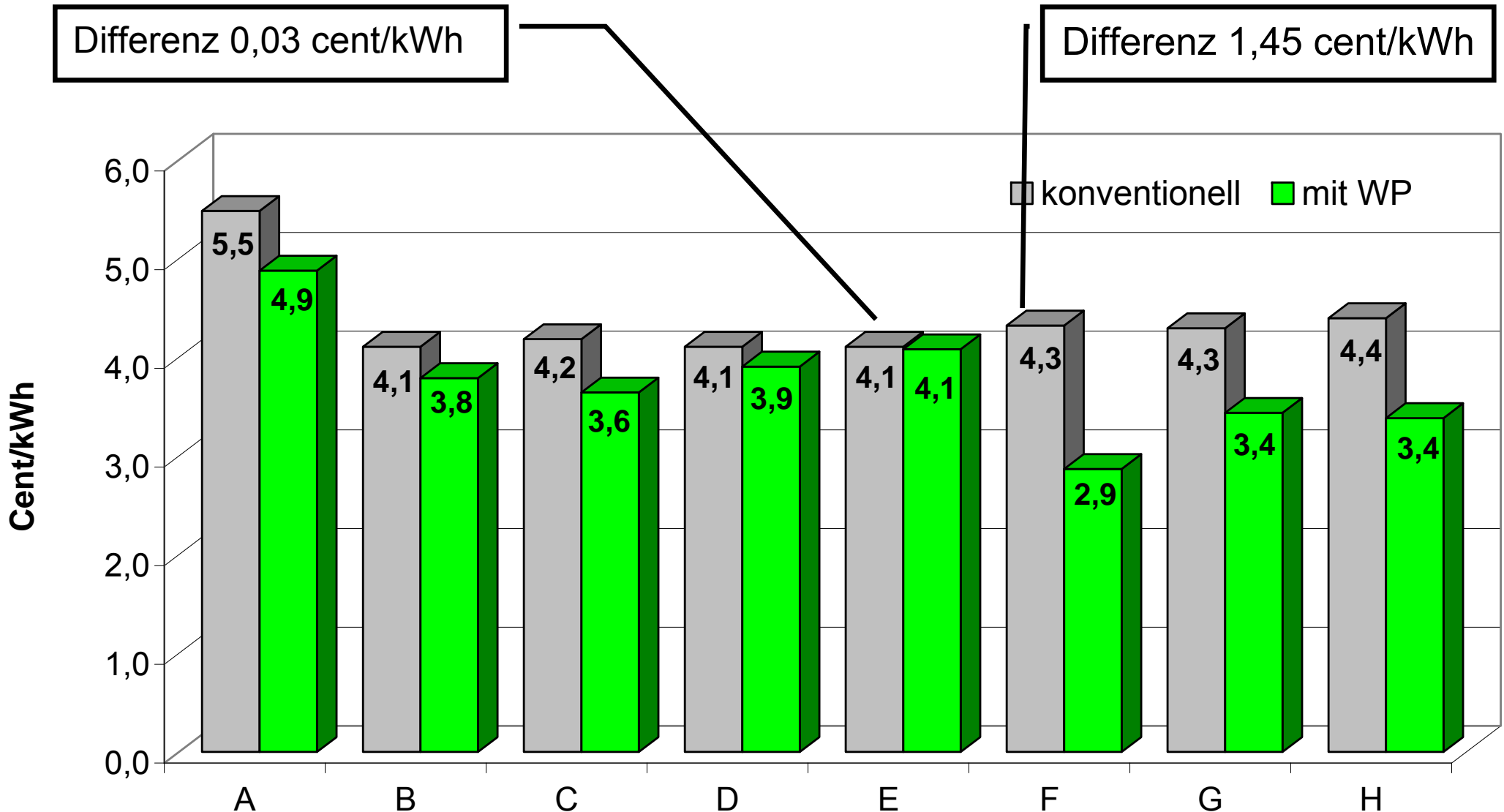
Einsparungen von 2 % bis 45 % möglich



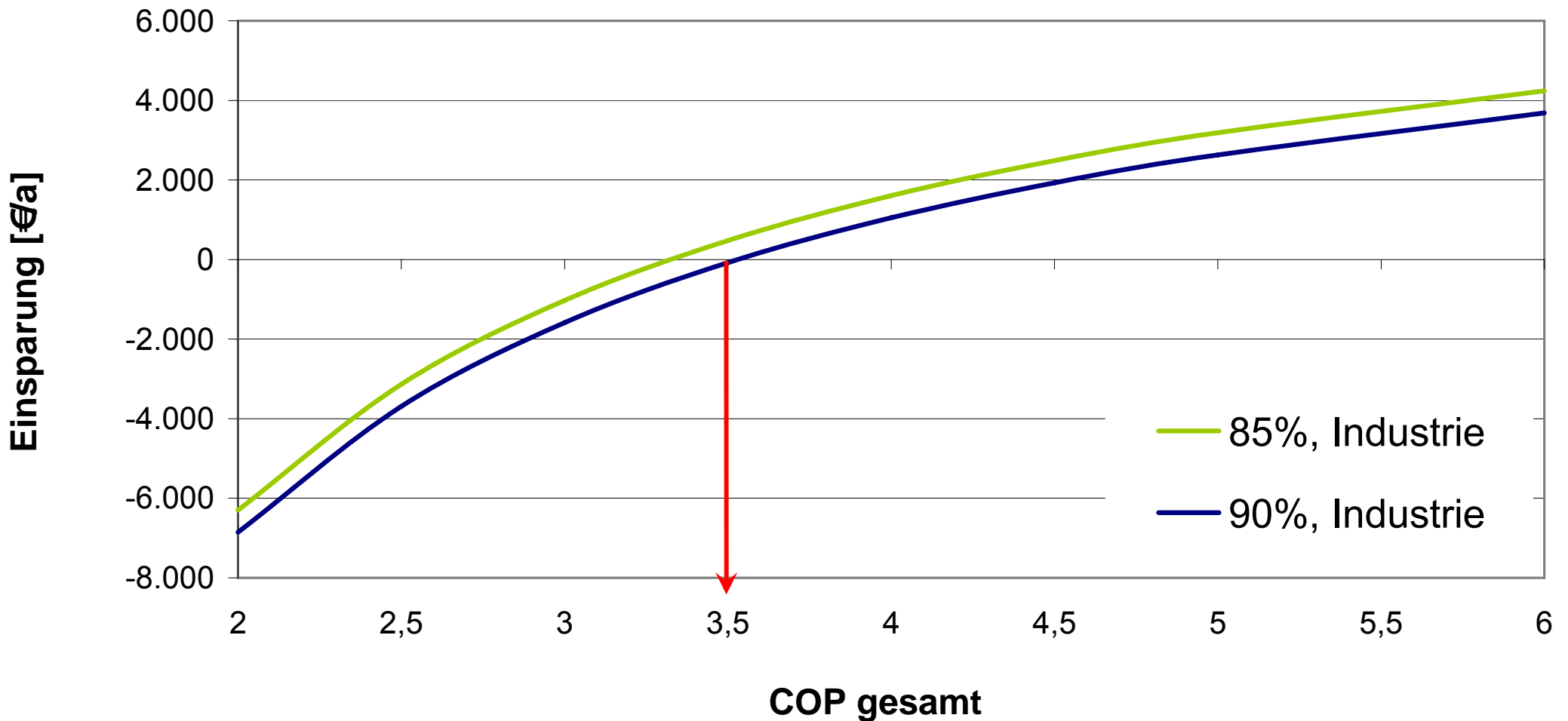
Vergleich Amortisationszeit (statisch)



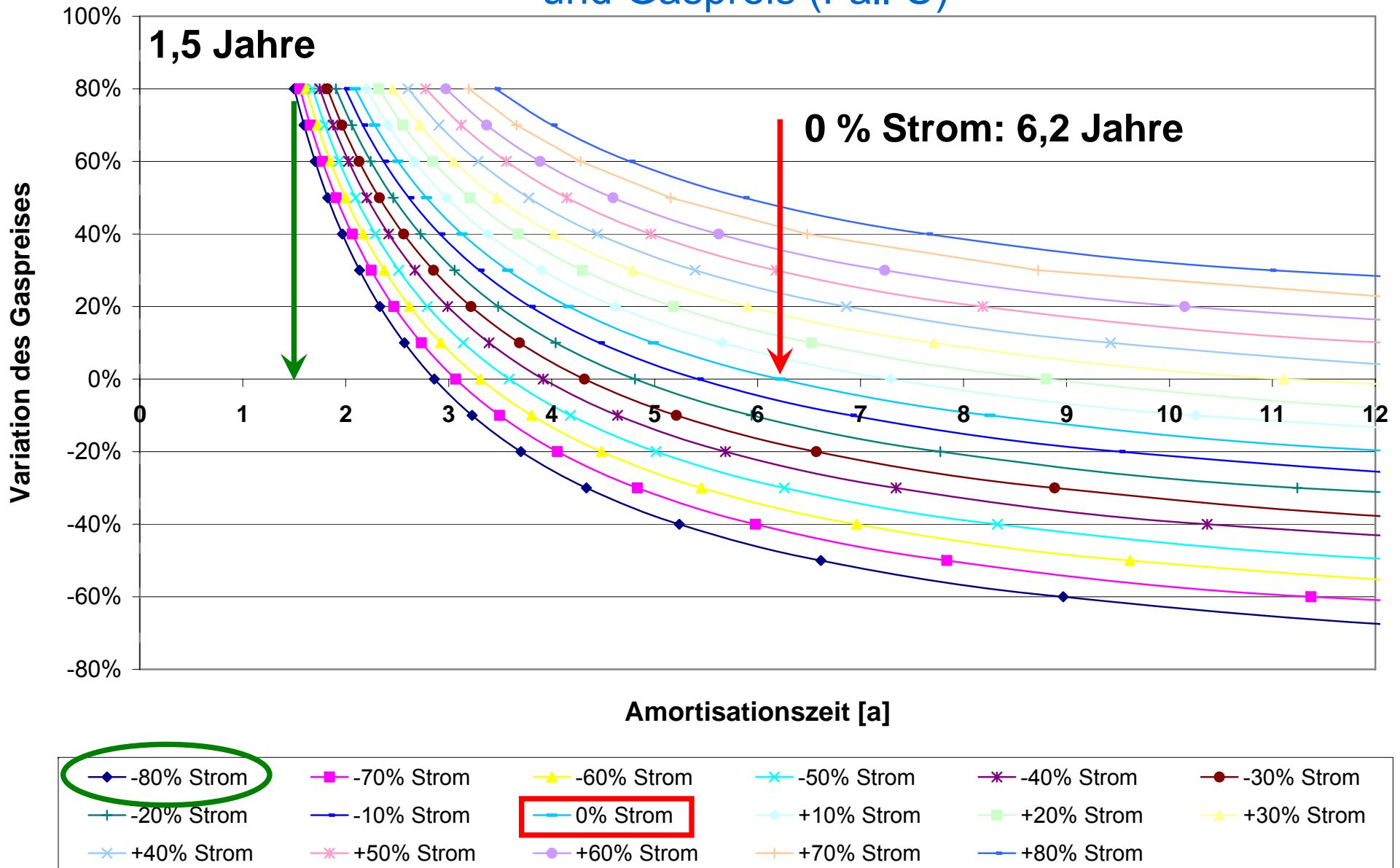
Kostenvergleich Nutzenergiebereitstellung (Raumwärme, Brauchwasser, Klimatisierung)



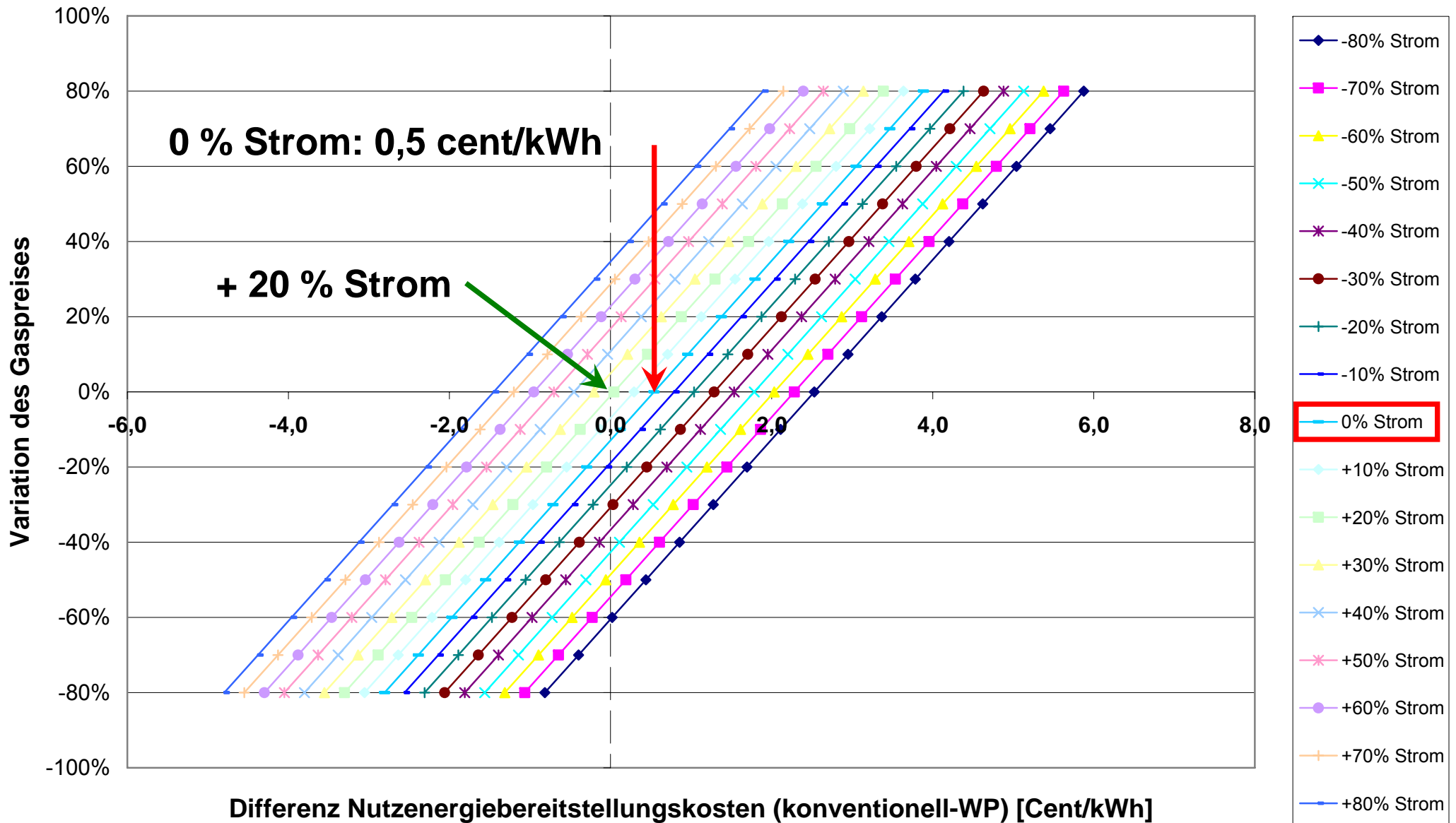
Einsparung in Relation zum COP_{gesamt} – Fall C



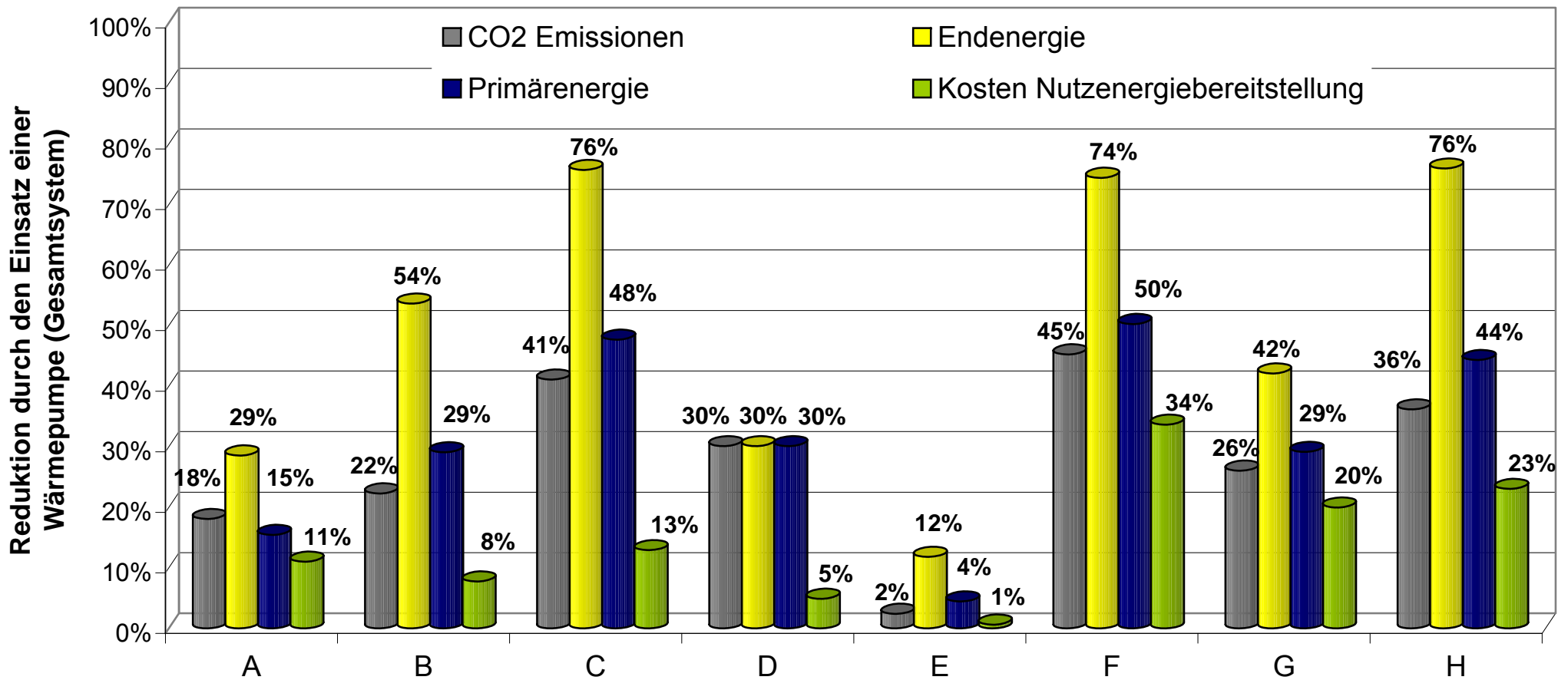
Sensitivitätsanalyse – Amortisationszeit in Abhängigkeit von Strom- und Gaspreis (Fall C)



Sensitivitätsanalyse – Differenz der Nutzenergiebereitstellungskosten konventionell - WP (Fall C)



Einsparungen durch den Einsatz der GWP (Gesamtsystem)



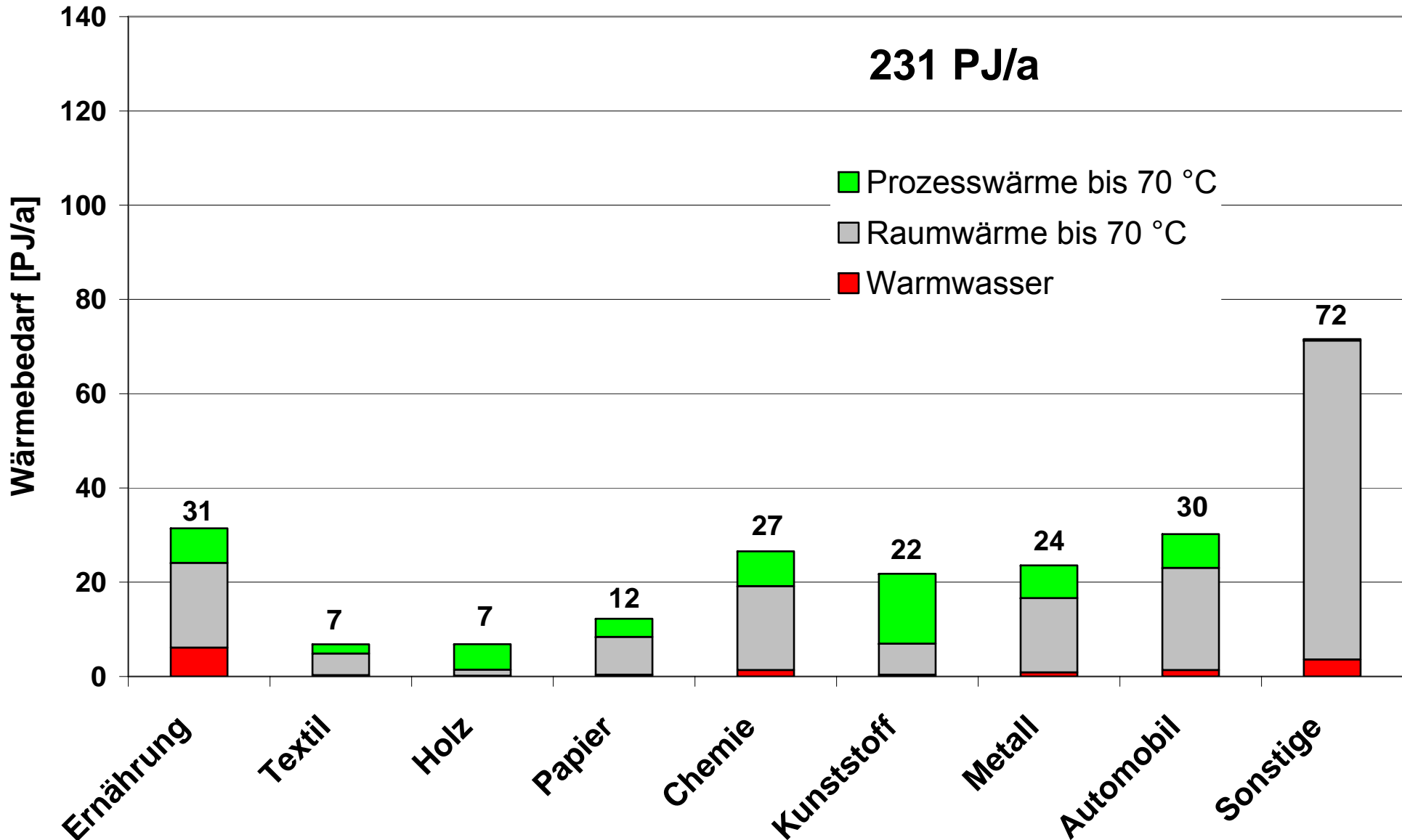
Hemmnisse

- Konkurrenz durch konventionelle Wärmerückgewinnung
- Konkurrierende Technologien zur Abdeckung höherer Temperaturbereiche bereits installiert
- Prozessspezifische Auslegung notwendig
- Einbindung in bestehende Systeme aufwändig und kostenintensiv
- Geforderte Amortisationszeit ≤ 4 Jahre (Prozesstechnik ≤ 2 Jahre, Gebäude/Heizung $\leq 6 - 8$ Jahre)
- Risiken hinsichtlich der Produktionssicherheit
- Realisierbares Temperaturniveau für viele Anwendungen bislang zu gering
- Fehlendes Wissen hinsichtlich Prozesstechnologien und der Groß-Wärmepumpentechnik in der Industrie, Beratungsfirmen, Versorgungsunternehmen, etc.

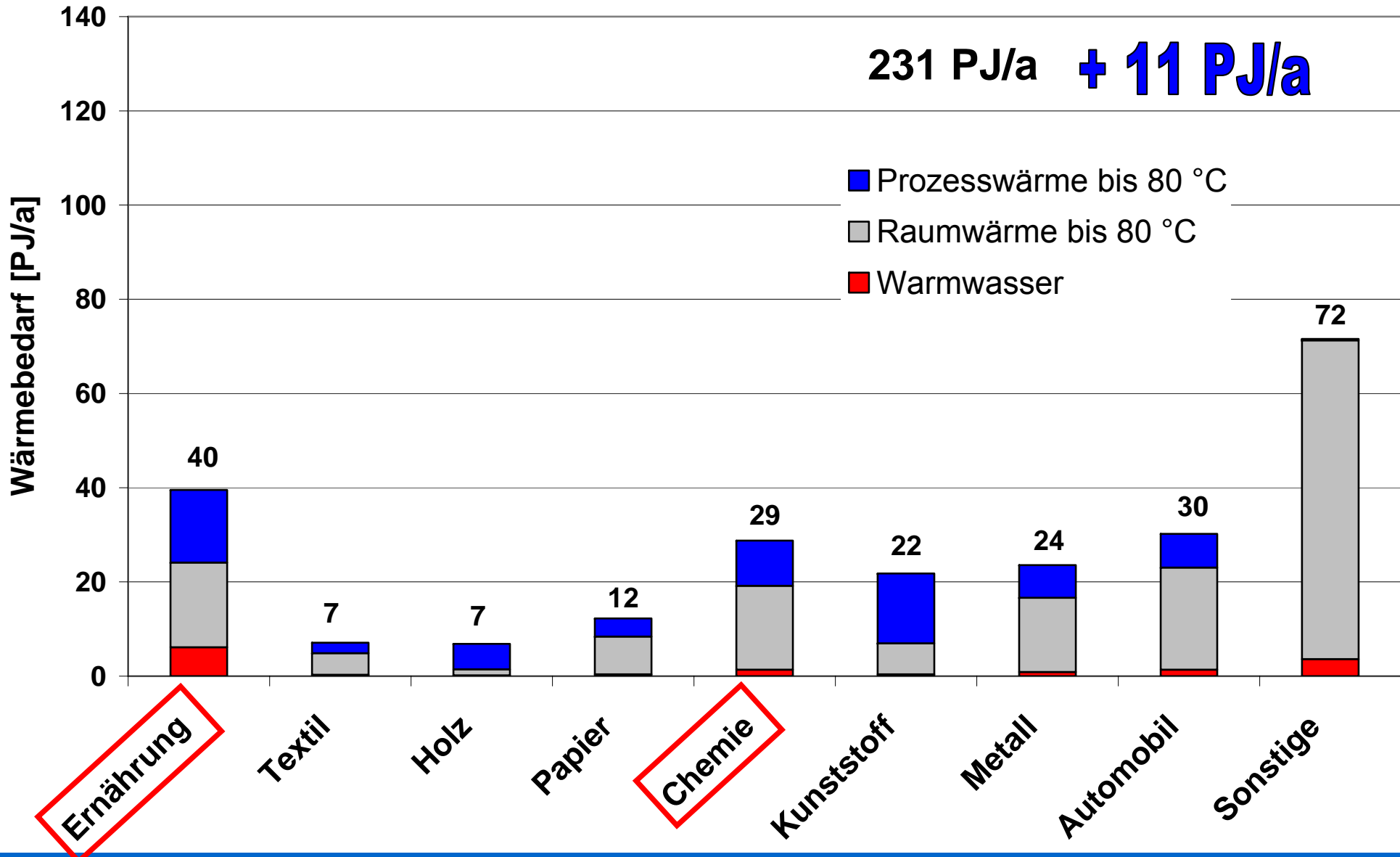
Randbedingungen für den Einsatz von GWP

- Abwärme auf für Groß-Wärmepumpen nutzbarem Temperaturniveau vorhanden
- Abwärme in ausreichender Menge vorhanden
- Abwärme zeitnah zur Nutzung vorhanden
- Bedarf an Nutzwärme mit einer Temperatur von max. 70 °C (heute)
- Hohe Betriebsdauer (Betriebsstunden der Groß-Wärmepumpe)
- Auswahl geeigneter Wärmetauscher, um einen wartungsarmen Betrieb zu gewährleisten sowie die Temperaturverluste zu minimieren
- ...

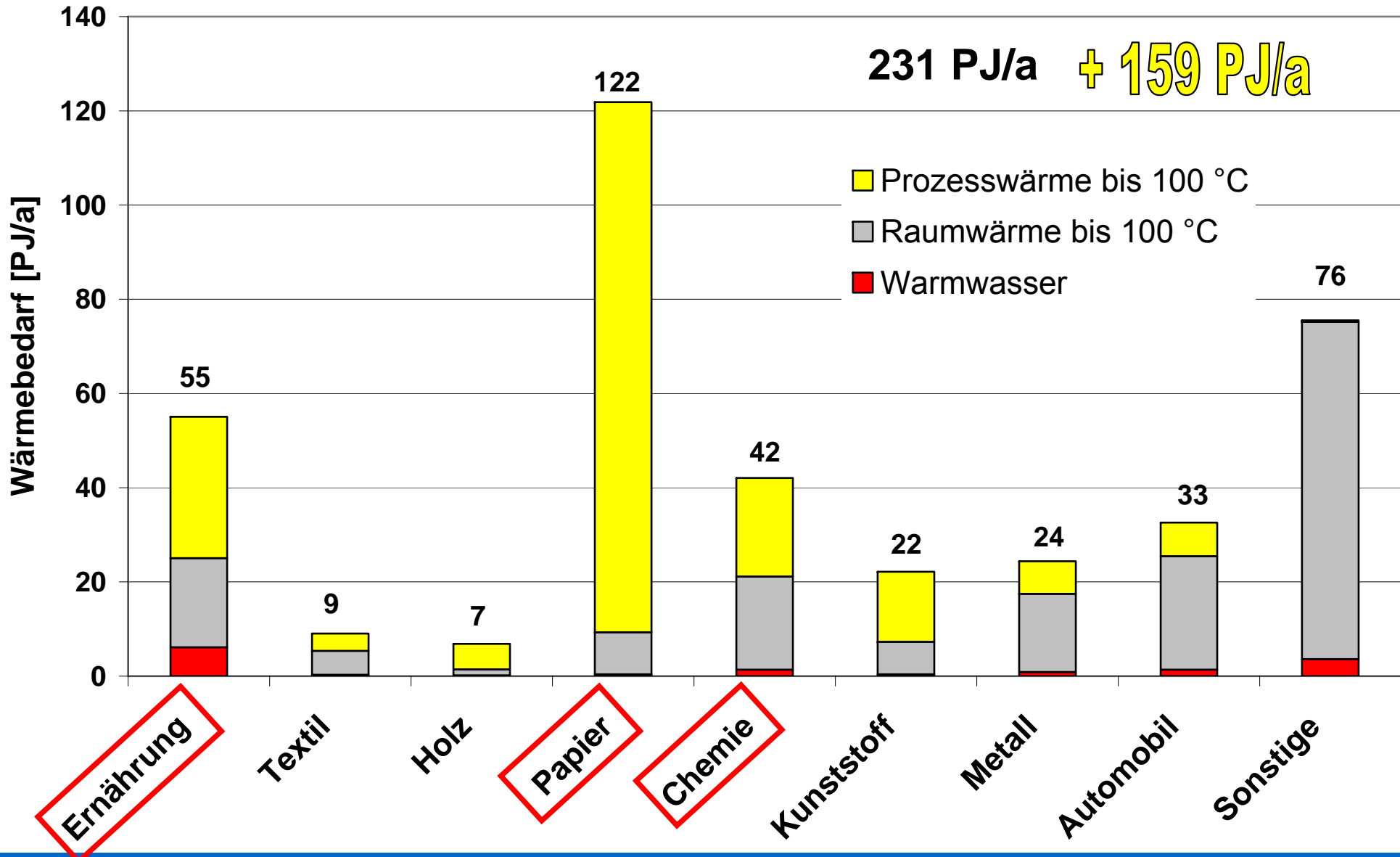
Technische Potenzialanalyse Deutschland



Technische Potenzialanalyse Deutschland



Technische Potenzialanalyse Deutschland



Potenzialanalyse Deutschland - Ergebnisse

- Warmwasser: **15 PJ/a**
 - Raumwärme*: **173 PJ/a**
 - Prozesswärme bis 70 °C: 55 PJ/a
 - Prozesswärme bis 80 °C: 66 PJ/a
 - Prozesswärme bis 100 °C: **202 PJ/a**
- ✓ **Groß-Wärmepumpen* könnten ca. 390 PJ pro Jahr bereitstellen**
15 % des Energiebedarfs und 30 % des Nutzwärmebedarfs der deutschen Industrie
(Stand 2006)
- ✓ Reduktion der CO₂-Emissionen von ca. 6,34 Mio. Tonnen pro Jahr
6,2 % der CO₂-Emissionen der deutschen Industrie (Stand 2005) * Ausgangstemperatur 100 °C

Zusammenfassung

- Hauptanwendungen sind Brauchwarmwasser und Raumwärme
- Für eine Vielzahl von industriellen Prozessen ist die im Moment darstellbare Ausgangstemperatur noch zu gering
- Für den Einsatz von Groß-Wärmepumpen müssen bestimmte Randbedingungen eingehalten werden, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erhalten
- Im Moment haben Groß-Wärmepumpen in der Industrie das Potenzial **231 PJ/a** bereitzustellen (≤ 70 °C) und ca. 4 Mio. Tonnen CO₂ zu vermeiden

Danksagung

- Dieses Projekt wurde in Kooperation mit der Firma Ochsner Wärmepumpen GmbH bearbeitet
- Diese Untersuchung wurde von der Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg unter der Fördernummer A 230 05 als Teil des Projektes „Industrielle Großwärmepumpen - Potenziale, Hemmnisse und Musterbeispiele“ gefördert



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

IER *Institut für Energiewirtschaft &
Rationelle Energieanwendung*

Heßbrühlstr. 49a, 70565 Stuttgart

Tel.: +49 711 / 685 878 75

E-mail: Jochen.Lambauer@ier.uni-stuttgart.de

