

Das Exergiekonzept als Analysemethode am Beispiel Deutschlands

13. Symposion Energieinnovation
13. Feb. 2014, TU Graz

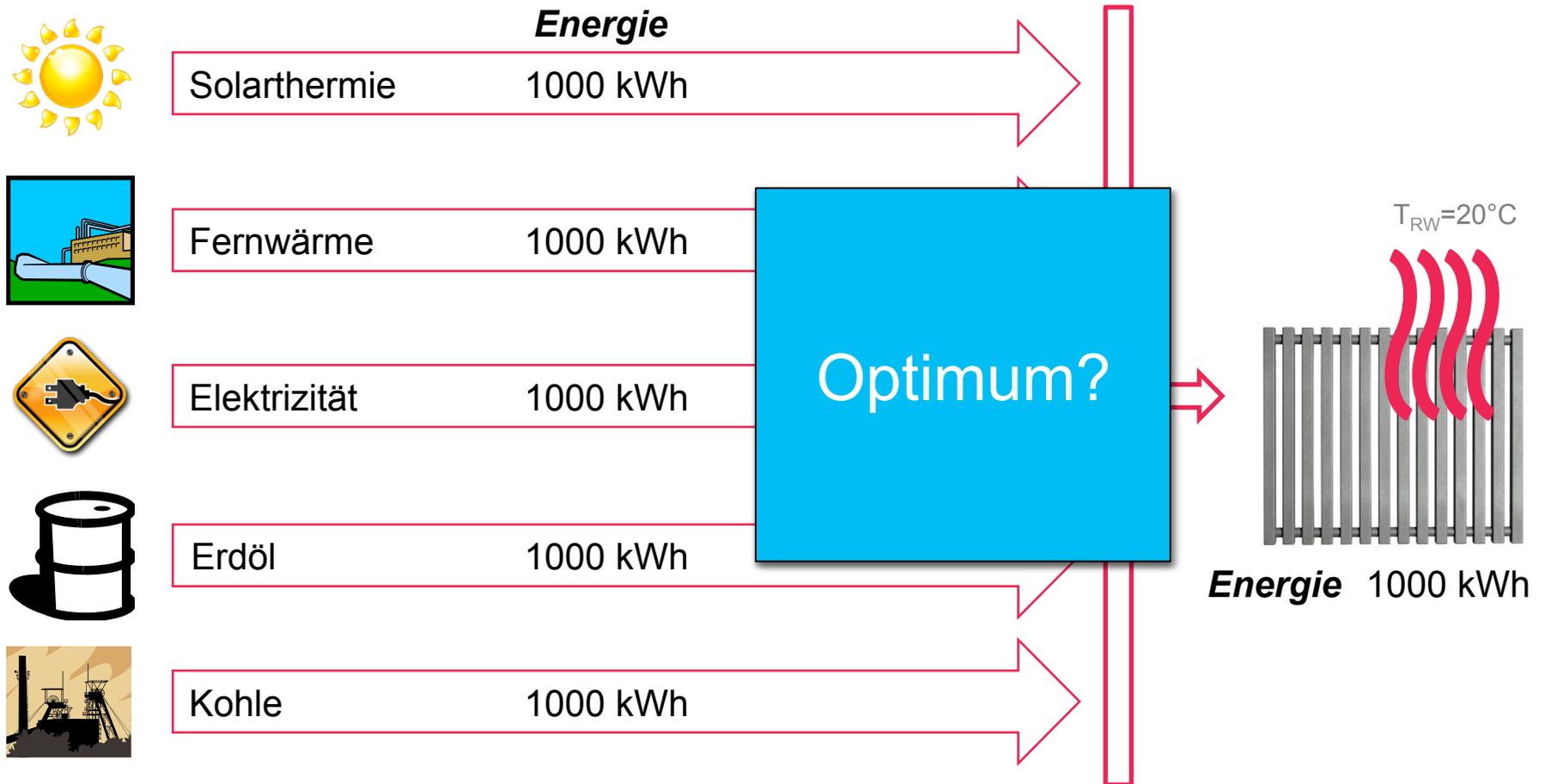
Marco Lindner, Udo Bachhiesl

Institut für Elektrizitätswirtschaft und Energieinnovation
Technische Universität Graz

Inhalt

- Motivation
- Exergie
- Methodik
- Ergebnisse
- Interpretation

Motivation

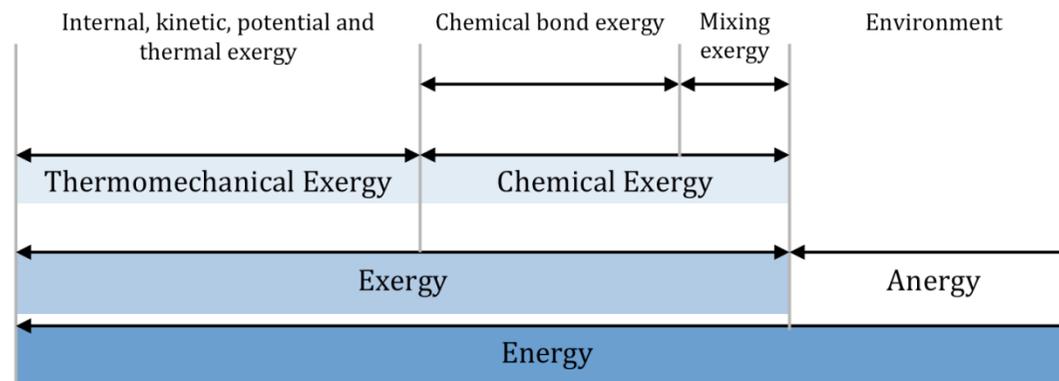


Exergie – Definition

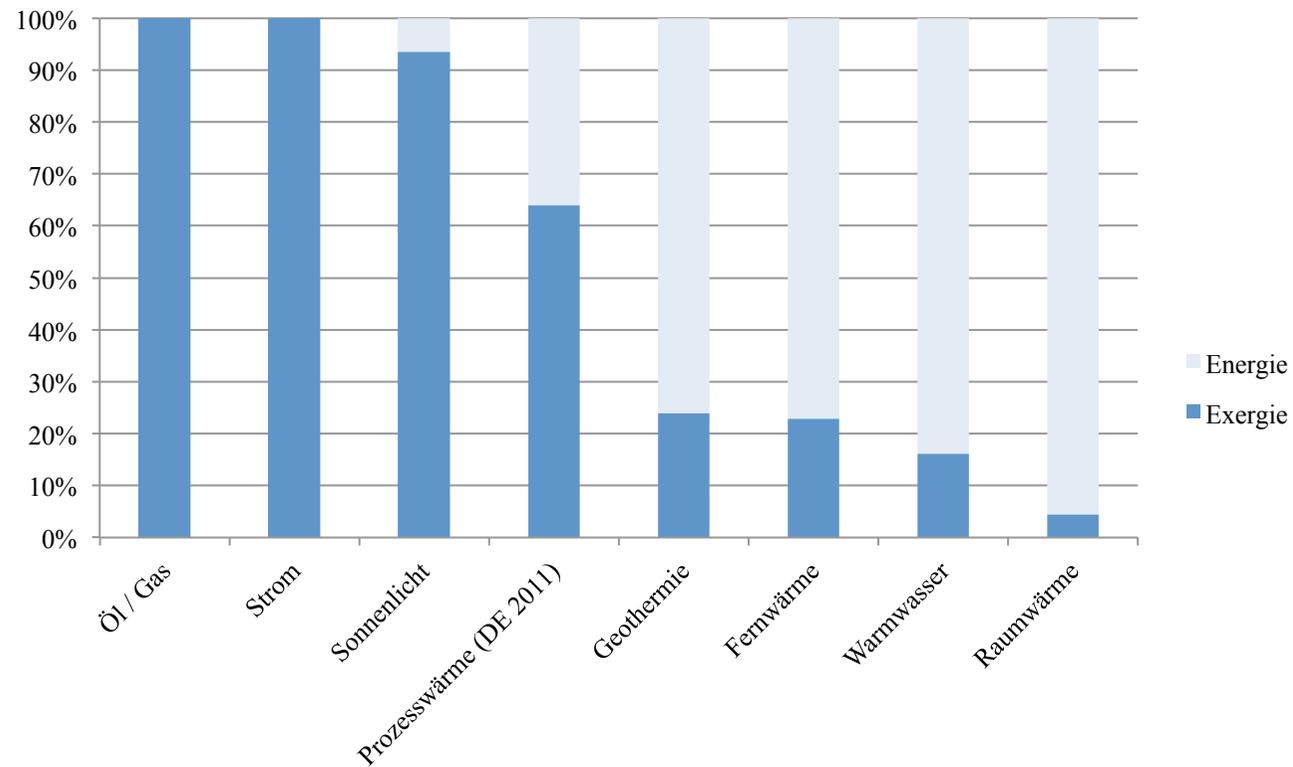
„Die *Exergie* ist Energie, die sich unter Mitwirkung einer vorgegebenen Umgebung in jede andere Energieform vollständig umwandeln lässt. *Anergie* ist Energie, die sich nicht in Exergie umwandeln lässt.“

(Baehr, Thermodynamik – Grundlagen und tech. Anwendungen)

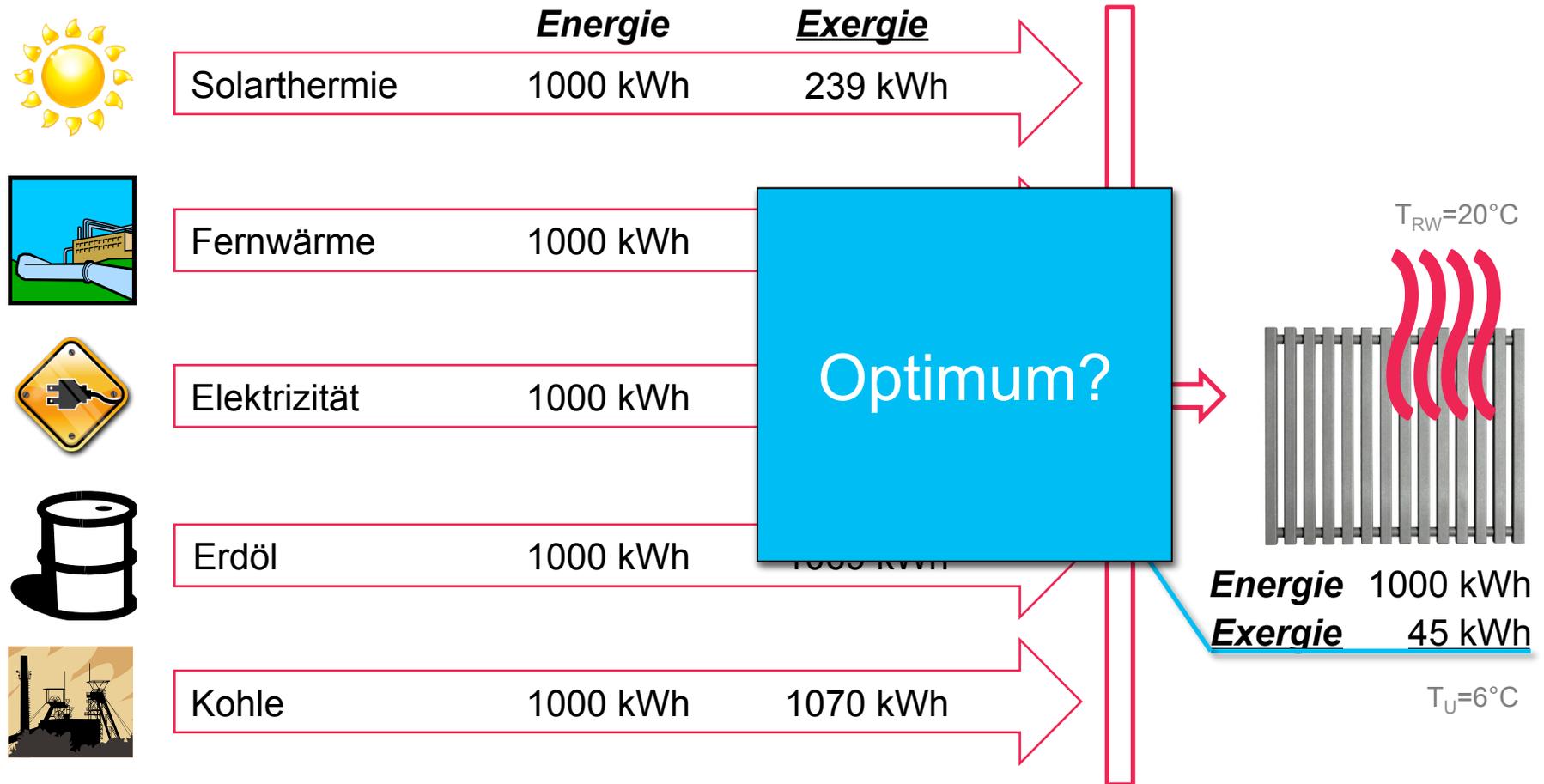
Energie = Exergie + Anergie



Exergie – Beispiel: Energieträger



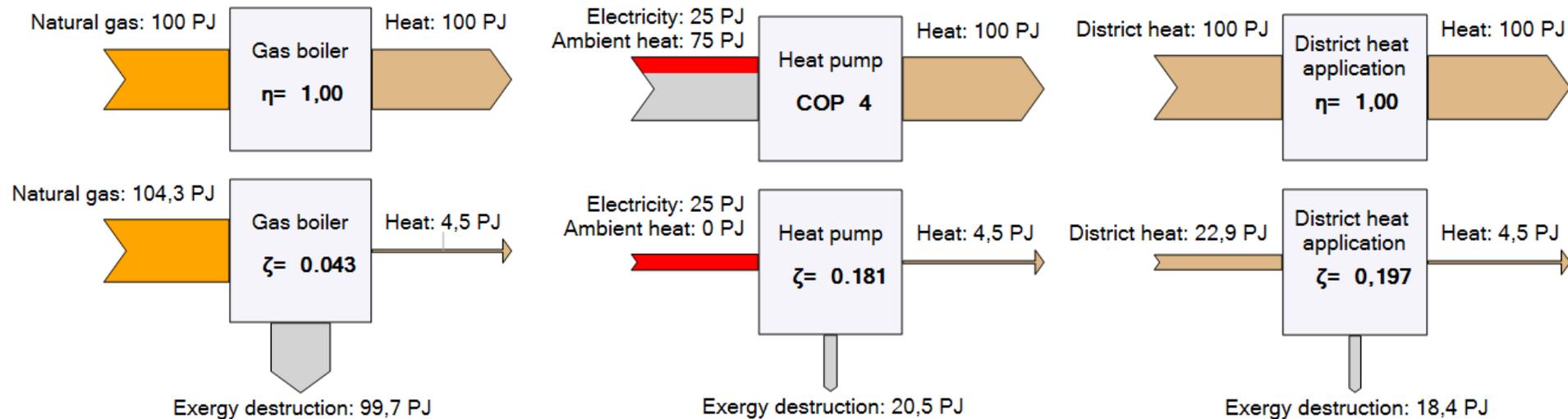
Motivation



Exergie – Bedeutung

- Quantität (Energie) ist nicht gleich Qualität (Exergie)
 - Exergie ist die gewinnbare Arbeit gegenüber der Umgebung
 - Anergie ist mit der Umgebung im Gleichgewicht und kann keine Arbeit verrichten
 - Exergie ist keine Erhaltungsgröße
- Jede Energieumwandlung geht mit Exergieverlusten – Abwertung der Energie – einher.
 - Das Resultat ist meistens Mittel-/Niedertemperaturwärme am falschen Ort

Exergiebilanz – Beispiel: Raumwärmeversorgung



$$\zeta_{\text{Erdgas Boiler}} = 4,3\%$$

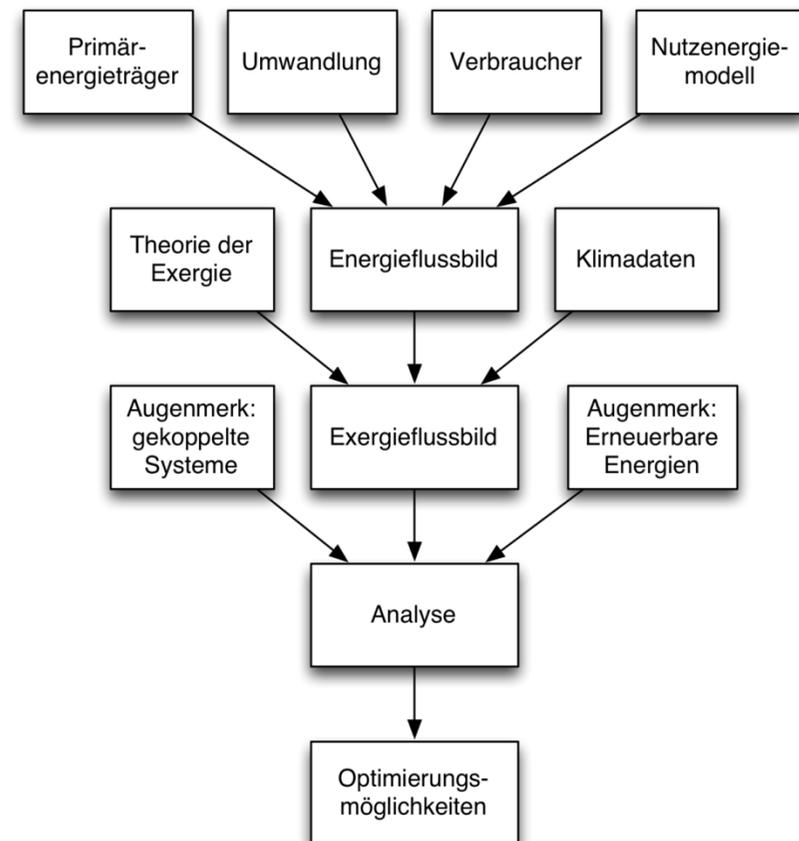
$$\zeta_{\text{Wärmepumpe}} = 18,1\%$$

$$\zeta_{\text{Fernwärme}} = 19,7\%$$

$$T_U = 6,7^\circ\text{C}, T_{\text{RW}} = 20^\circ\text{C}$$

Methodik – 1/4

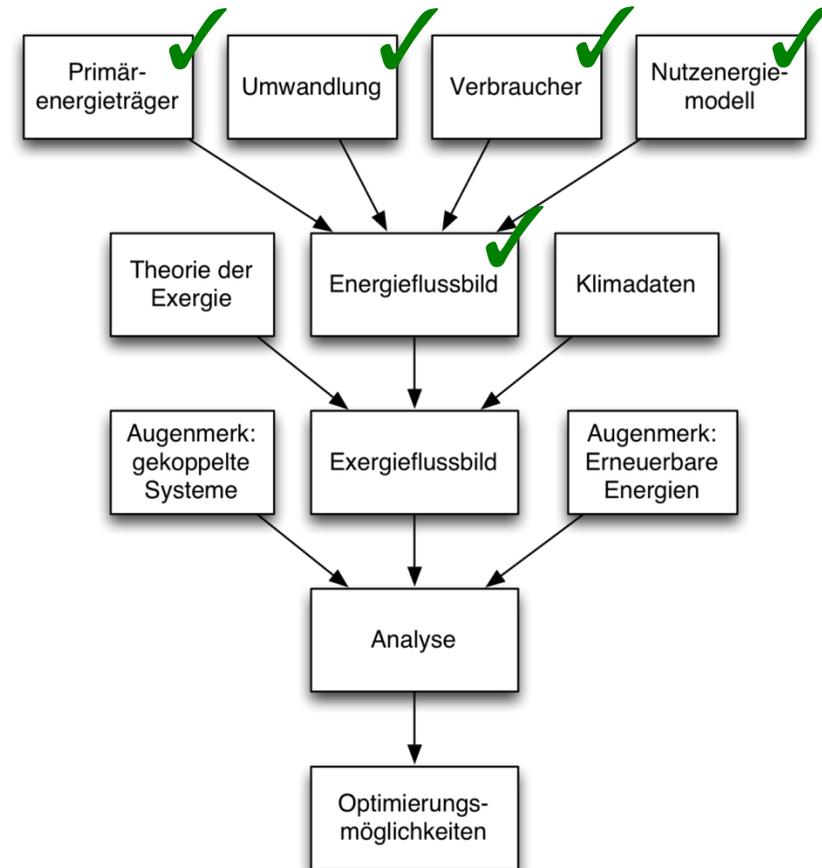
1. Zusammenführen und Erweitern der bestehenden Energiebilanzen
 - Konsistenzprüfung
 - Erweiterung durch Nutzenergiemodell
 - Anpassung an internationale Standards



Methodik – 2/4

2. Bestimmen der exergetischen Faktoren

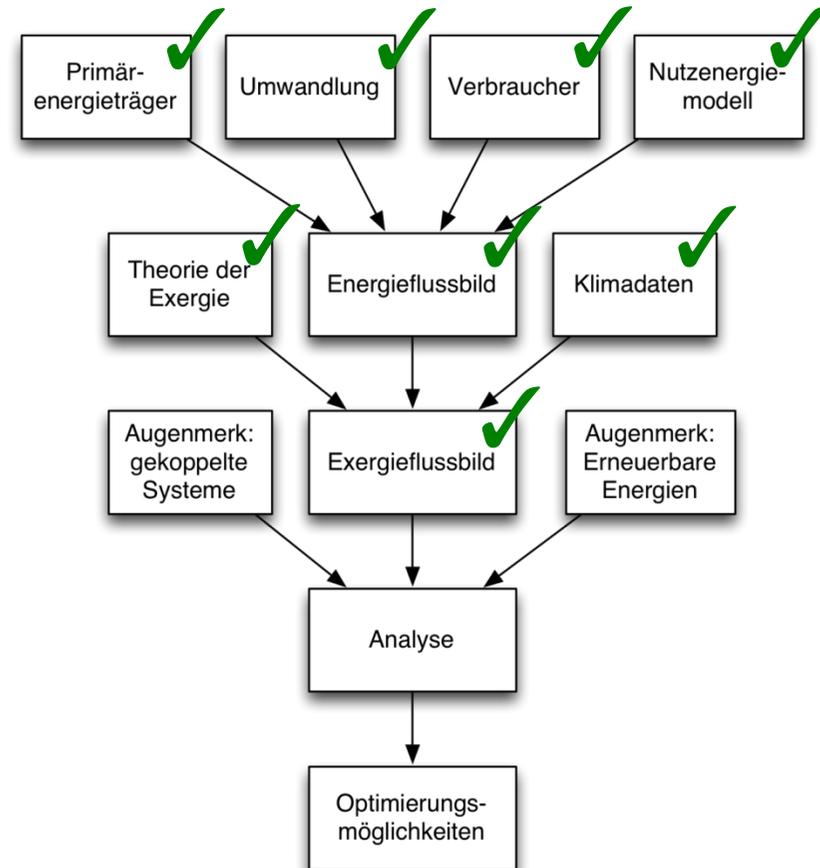
- Thermomechanische und chemische Exergie der eingesetzten Energieträger
- Thermochemische Daten der Prozessabströme
- Referenzdaten zur Umgebungsmodellbildung



Methodik – 3/4

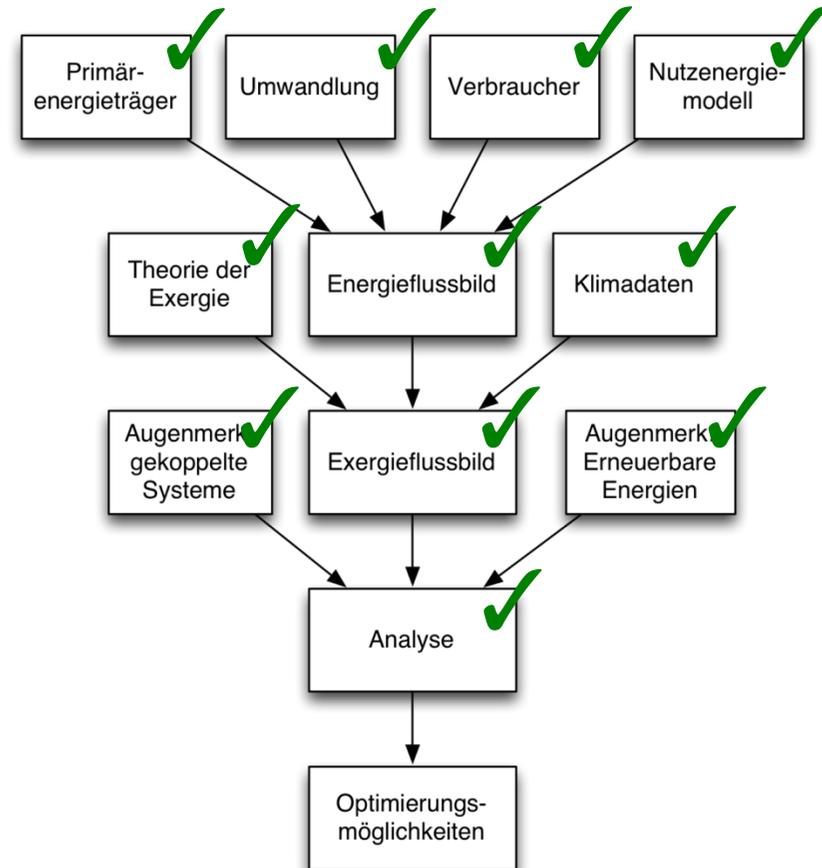
3. Erstellen des Exergieflussbildes

- Anwendung der exergetischen Faktoren
- Berechnung der Exergie-Zerstörungen und Exergie-Effizienzen



Methodik – 4/4

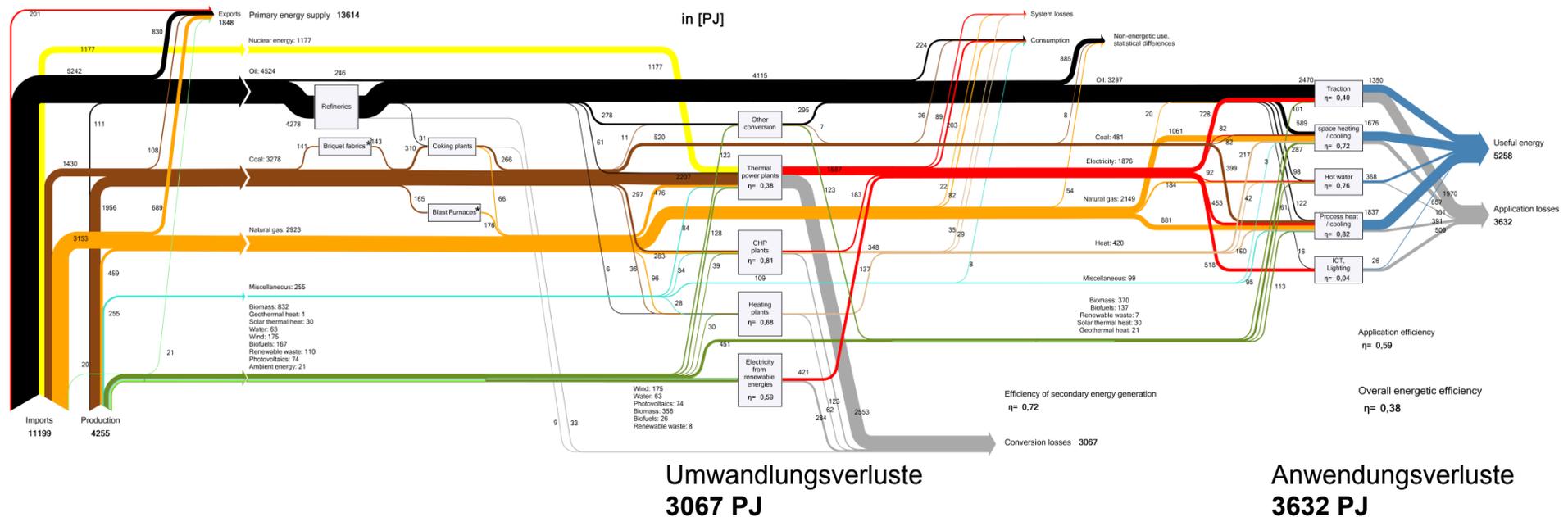
4. Analyse der Ergebnisse
 - Prozessanalysen
 - Evaluieren von Verbesserungsmöglichkeiten



Ergebnis – Energieflussbild

Primärenergieaufkommen
13614 PJ

Nutzenergie
5258 PJ

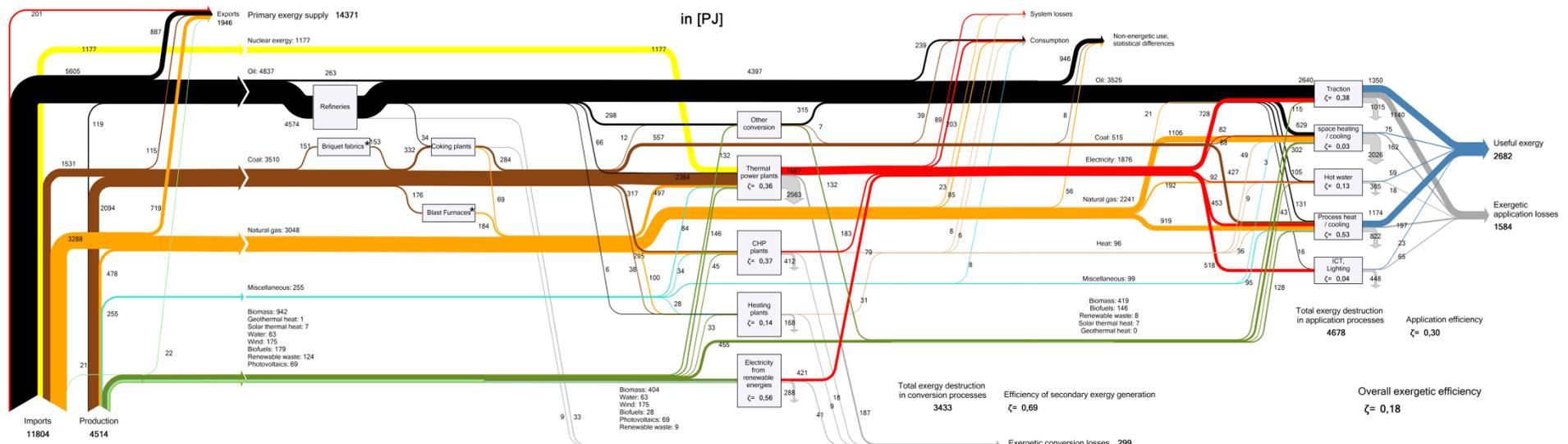


$\eta_{\text{Gesamt}} = 38\%$

Ergebnis – Exergieflussbild

Primärenergieaufkommen
14371 PJ

Nutzexergie
2682 PJ



$\zeta_{\text{Gesamt}} = 18\%$

Umwandlungsverluste

299 PJ

Exergie-Zerstörung bei der Umwandlung

3433 PJ

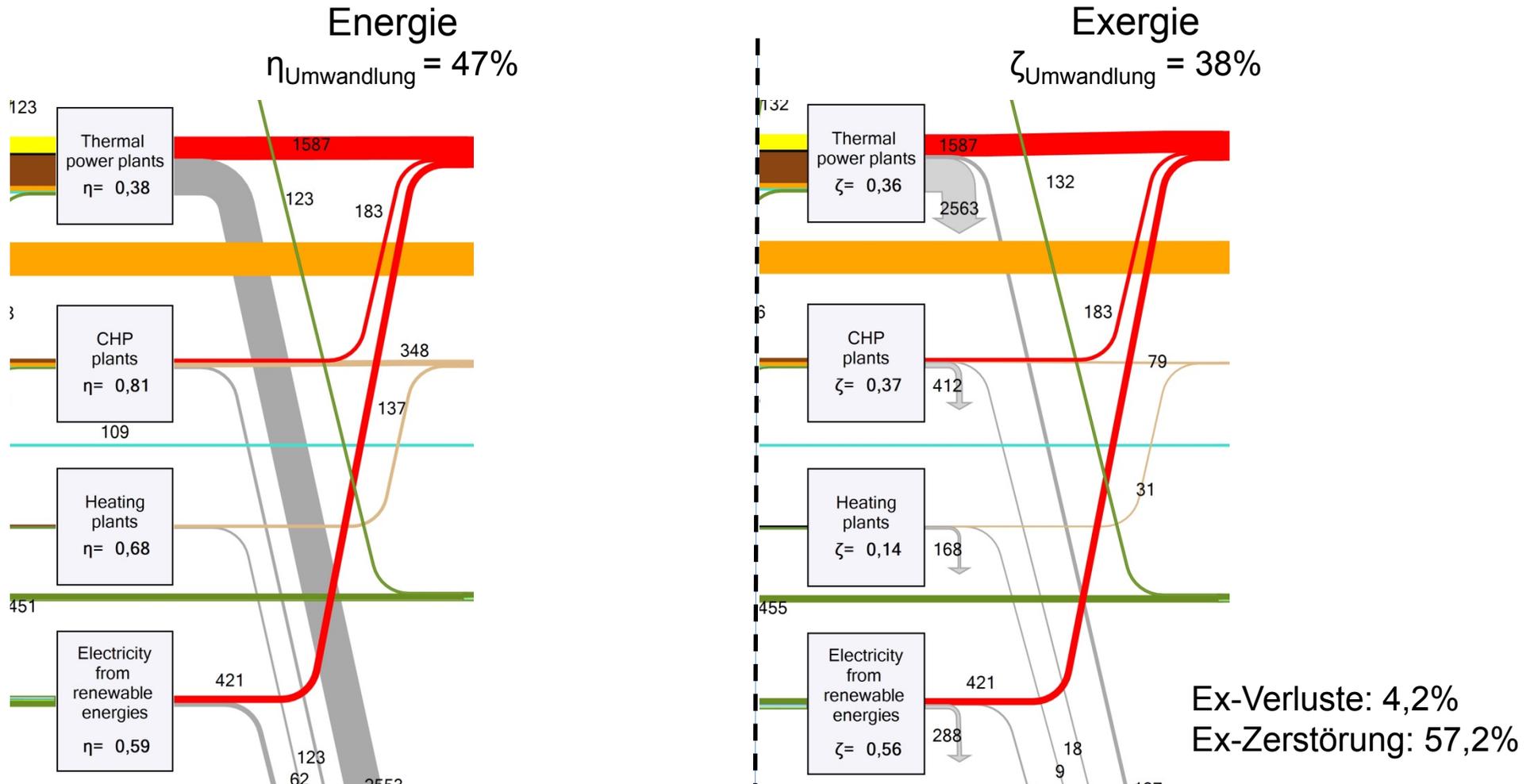
Anwendungsverluste

1584 PJ

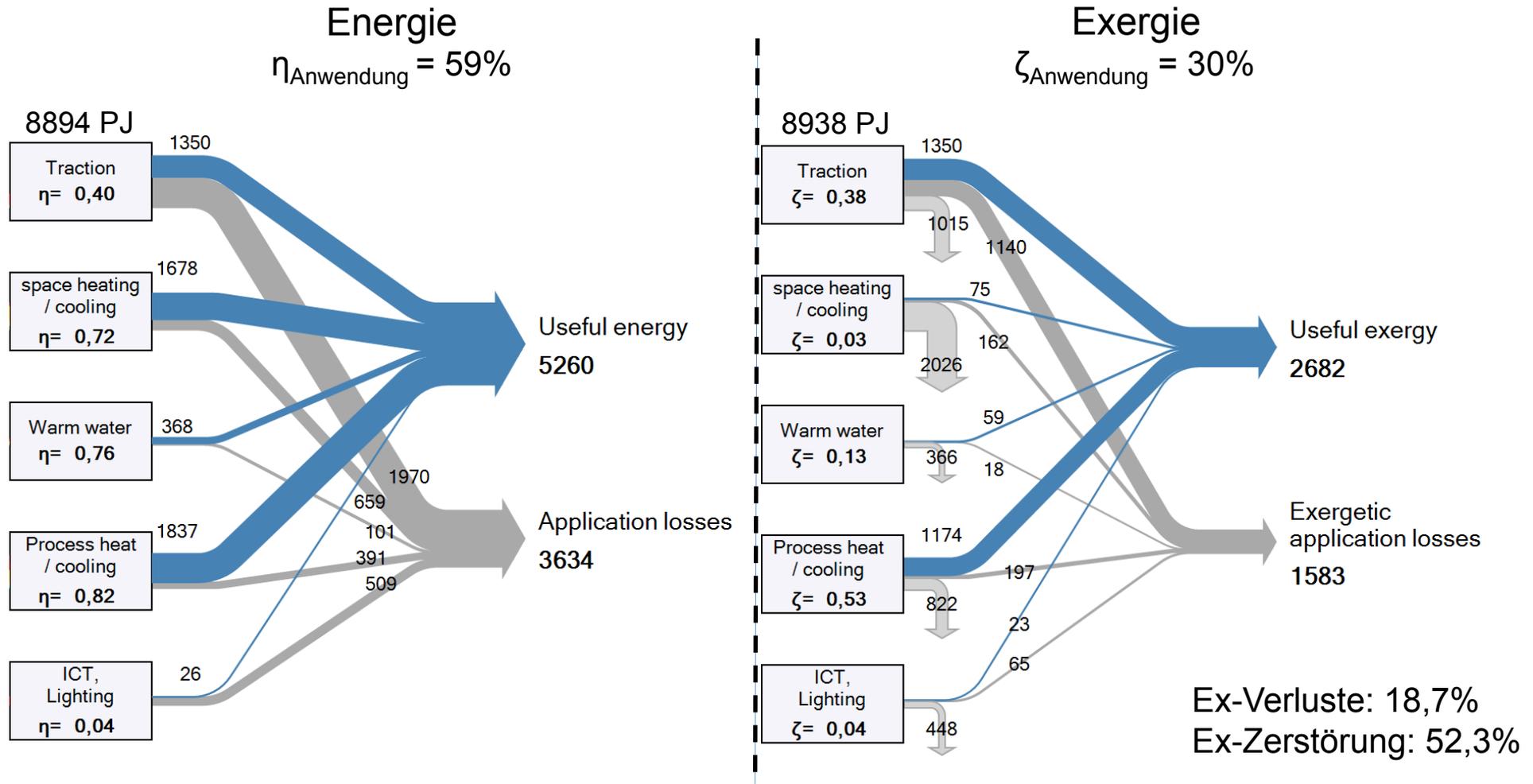
Zerstörung bei der Anwendung

4678 PJ

Ergebnis – Detail: Umwandlungen



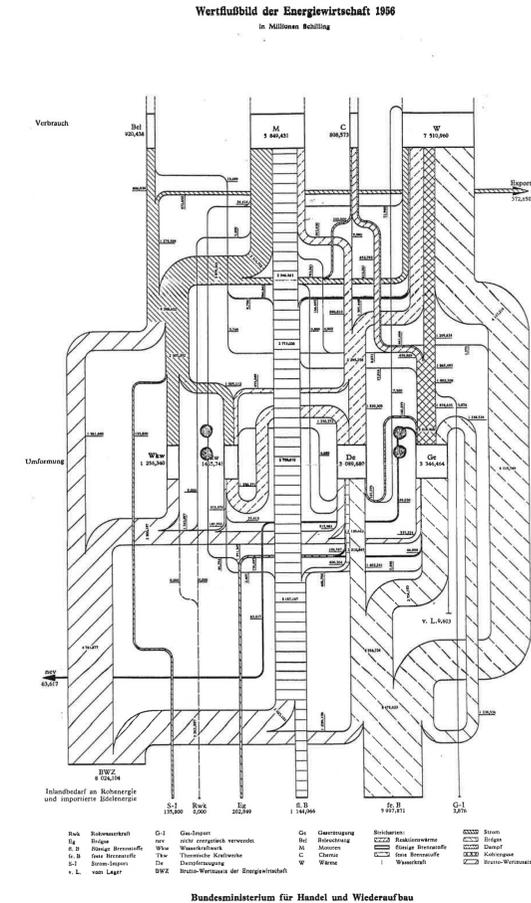
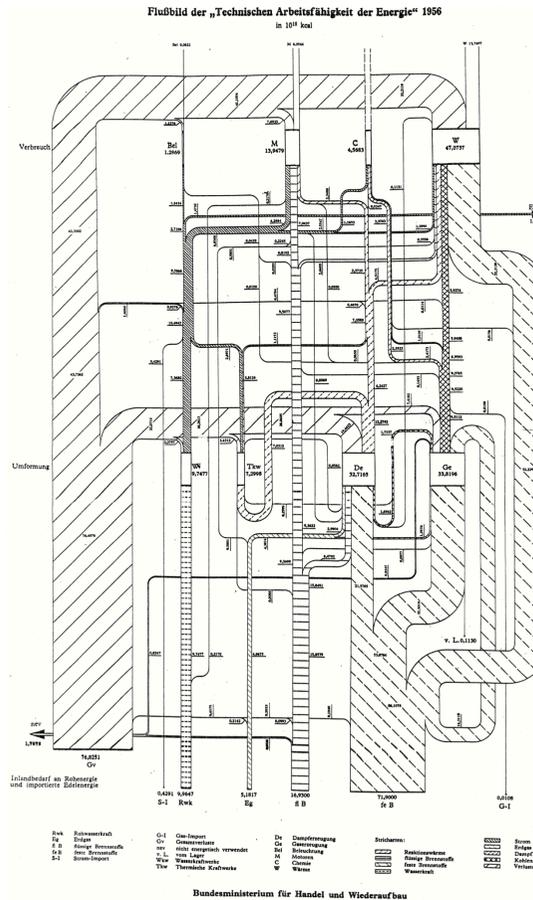
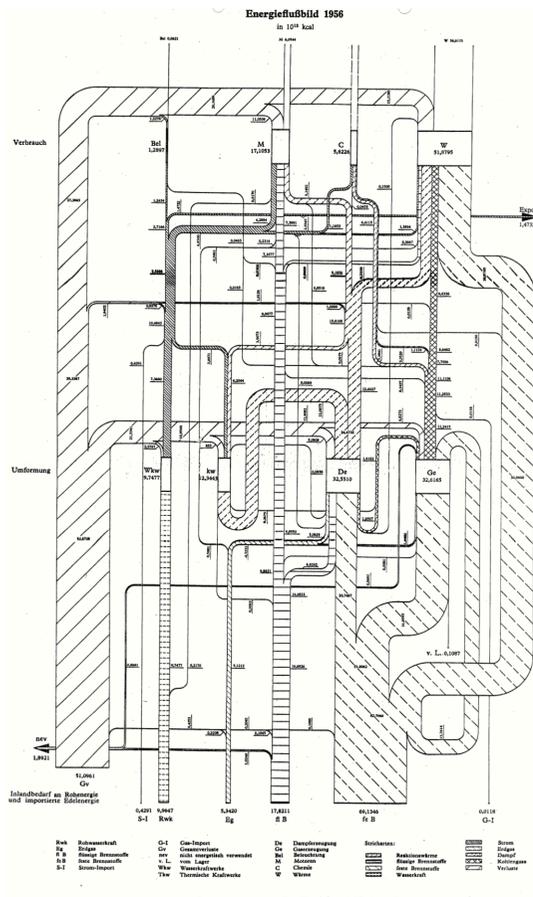
Ergebnis – Detail: Nutzanwendungen



Interpretation

- Die Exergie-Analyse verfeinert die konventionelle Energie-Analyse
 - Aufzeigen von falschem Energieträgereinsatz sowie Potentialen zur Kaskadierung
 - Ergebnisse exergetischer Optimierungen sind zugleich energetisch optimiert
- Die Exergie-Analyse bietet einen direkten Vergleich verschiedenster Technologien
 - Kumulative Exergie-Analyse für verkettete Prozesse
- Berücksichtigung der tatsächlich benötigten Qualität der Nutzenergie
 - Optimale Energieträger und Umwandlungsverfahren
- Exergoökonomische Analysen
- Exergie als Indikator für Umweltbeeinträchtigungen

Rückblick – Österr. Energiebericht 1956



Energieflußbild

Technische Arbeitsfähigkeit

Wertflußbild

Ausblick – Ideales Exergieflußbild

- Annahmen
 - Strom aus erneuerbaren Energien
 - Kraftwerksprozesse (GuD, KWK, keine Heizwerke)
 - Elektromobilität
 - Wärmedämmung, Wärmepumpen
 - Beleuchtung
- Ergebnisse
 - Steigerung der Exergieeffizienz Deutschlands von 18% auf 32%
 - Reduktion des Primärenergieeinsatzes um 37,8%
 - Reduktion des Einsatzes fossiler Brennstoffe um 39,4%
- Ausblick
 - Bedeutung elektrischer Energie wird steigen
 - Herausforderung Umsetzung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Das Exergiekonzept als Analysemethode am Beispiel Deutschlands

