

Exergie

der
wertvolle Anteil der Energie

$$\text{Energie} = \text{Exergie } E_{\text{ex}} + \text{Anergie } E_{\text{an}}$$

Exergie E_{ex} ist Energie, die sich prinzipiell in jede andere Energieform, insbesondere in Arbeit, umwandeln lässt. Exergie ist die Arbeitsfähigkeit der Energie.

Mechanische und elektrische Energie bestehen zu 100% aus Exergie.

Thermische Energie / Wärme kann unterschiedlich hohe Exergieanteile enthalten.

Anergie E_{an} ist Energie auf Umgebungstemperaturniveau. Sie lässt sich in keine andere Energieform umwandeln.

(s.a. VDI-Richtlinie 4608 Blatt 1)

Der Carnot-Faktor $\eta_{Carnot} = \frac{T - T_{Umgebung}}{T}$ ist das Maß

für die Exergie in der Wärme oder in der thermischen Energie.

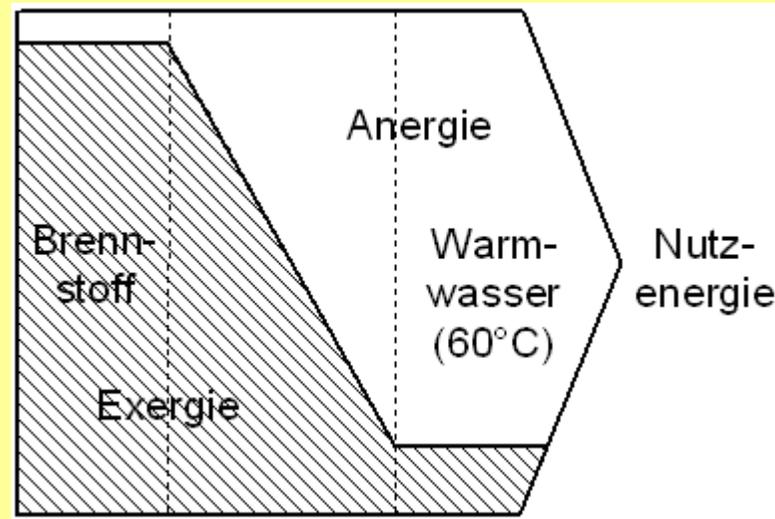
(Wobei T = absolute Temperatur in K = t in °C + 273,14 K)

Gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik führt jede reale Energieumwandlung zum Abbau von Exergie.

(oder anders ausgedrückt zur Zunahme von Entropie)

Wärme auf dem Temperaturniveau der Umgebung T_U enthält nur noch Anergie, hat den Exergieinhalt Null.

$$\text{Energie} = \text{Exergie} + \text{Anergie}$$



Der Energievorrat bleibt für alle Zeit erhalten.

Aber bei jeder Energieumwandlung wird Exergie in Anergie umgewandelt.

Anergie ist Wärme auf Umgebungstemperaturniveau, sie ist nicht weiter nutzbar.

Die verschiedenen Energieformen:

Mechanische Energie

potenzielle, kinetische, Schwingungsenergie

Elektrische Energie,

Thermische Energie,

Chemisch gebundene Energie (Brennstoffe),

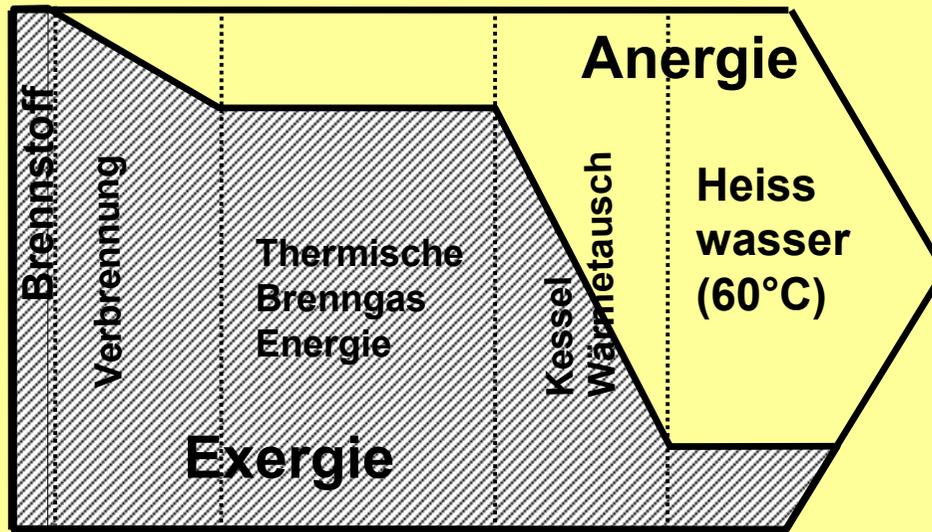
.....

Arbeit und Wärme werden als Prozessenergien bezeichnet

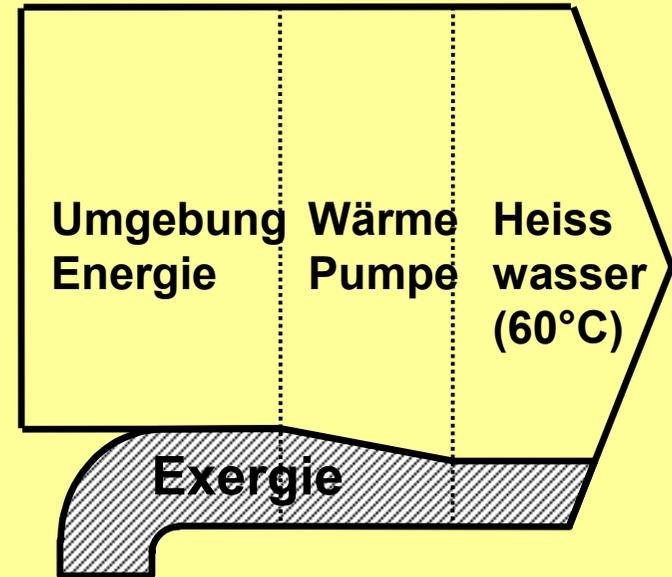
1 kWh Wärme ist viel weniger wert
als **1 kWh mechanische oder elektrische Energie**

1 kWh_{th} reicht zur Aufheizung
von 22 l Wasser um 40°C, d.h. **4 Minuten warme Dusche**

1 kWh_{mech} reicht zum Heben
von **360 · 50 kg Sack Zement auf 20 m Höhe**

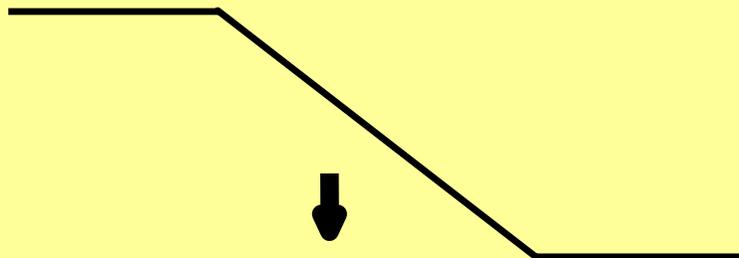


Nutzenergie



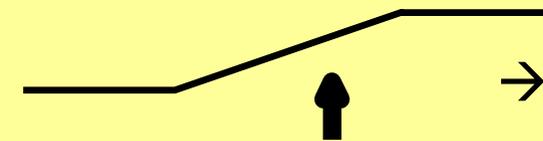
Nutzenergie

... Bei großen Temperaturabnahmen



Kraft erzeugen! → KWK

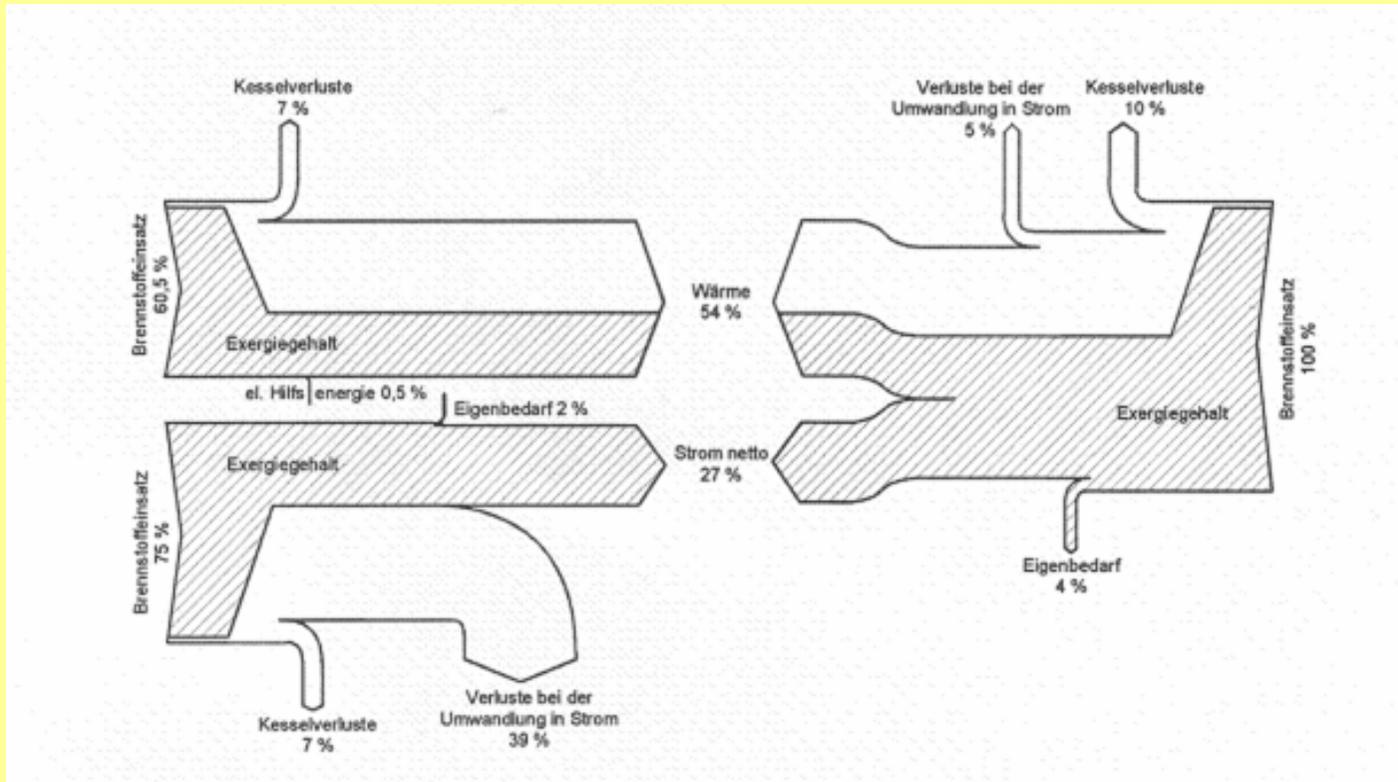
... Für kleine Temperaturerhöhungen



Exergie zuführen! → WP

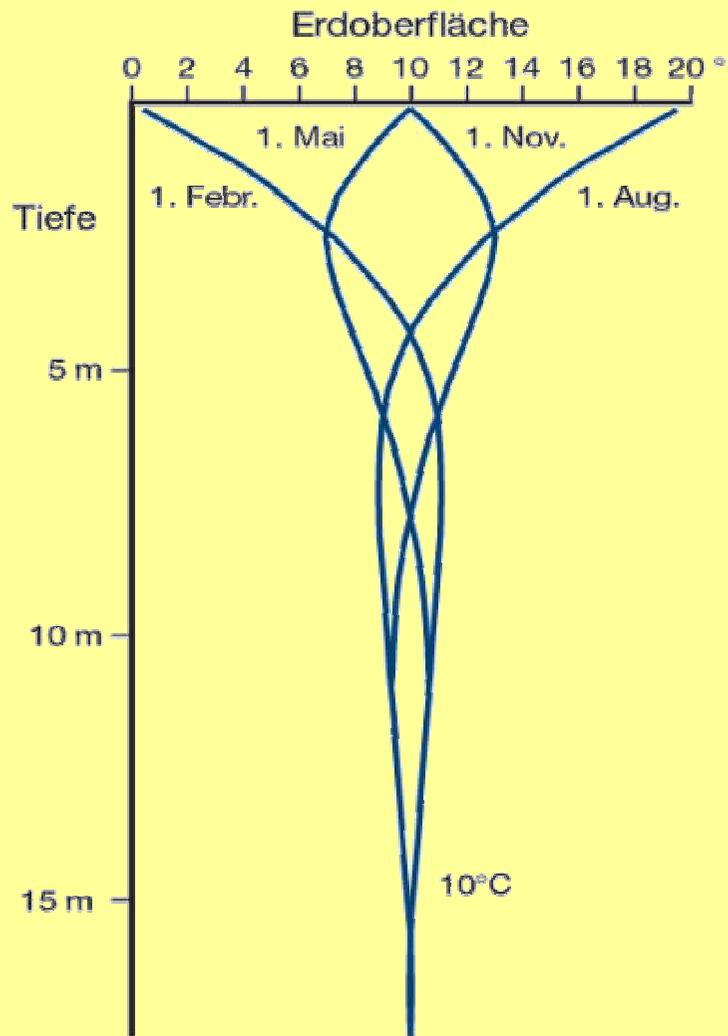
Exergetisch optimierte Niedertemperatur-Wärmeerzeugung

Der Energie- und Exergiefluss bei konventioneller Strom- und Wärme-Erzeugung und bei Kraft-Wärme-Kopplung (Dampf mit 200°C)



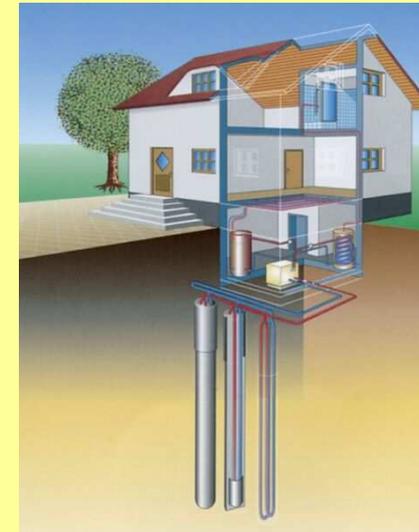
Getrennt: **135,5 %** Brennstoffeinsatz

Gekoppelt: **100 %** Brennstoffeinsatz

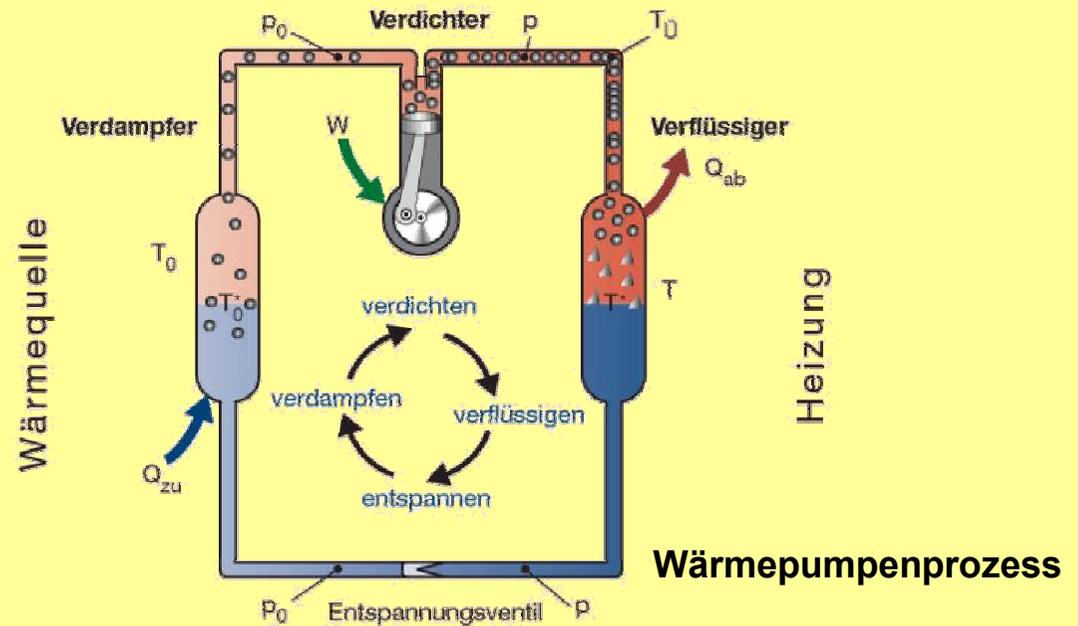


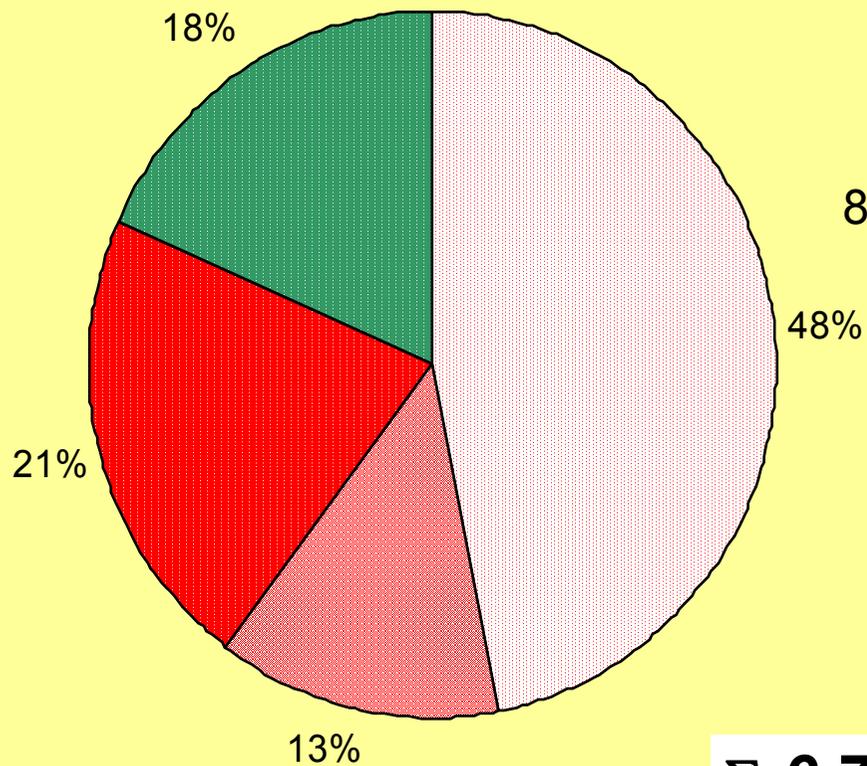
Temperaturverlauf im Erdboden in Abhängigkeit von der Jahreszeit und der Tiefe

Wärmepumpensystem mit Erdwärmetauscher



➔ **Verdichter führt Exergie zu !**



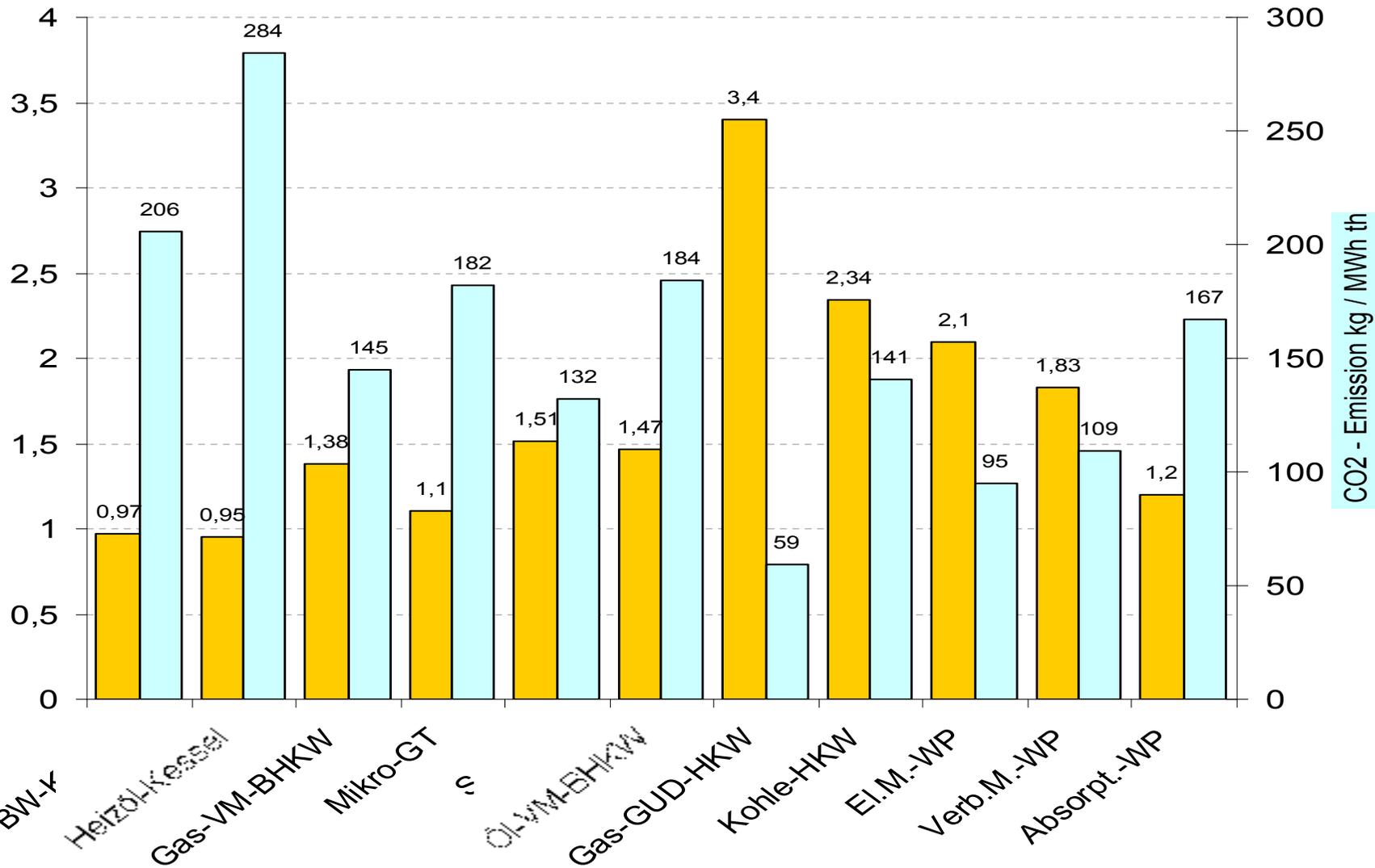


Σ 6.700 PJ

Endenergieanteil aller Energieverbraucher ohne Verkehr

Gesamter Endenergieverbrauch in Deutschland ca. 9.200 PJ / 250 MtOe / 2.500 TWh

HZ = Heat Efficiency



dezentral

zentral

dezentral

Heizzahl HZ und CO2 – Emission für verschiedene Heizsysteme

VDI

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist zu einem Eckpfeiler der europäischen und der deutschen Energie- und Klimapolitik geworden. Die Nutzung der KWK-Wärme zur Kälteerzeugung erhöht die ohnehin schon hohe Effizienz dieser Technik weiter. In der 4. Auflage trägt das Buch dieser Entwicklung Rechnung und will allen Verantwortlichen für kommunale, industrielle und gebäudetechnische Energieversorgung helfen, einen schnellen Einstieg zur Anwendung der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) zu finden.

Das Buch enthält die erforderlichen Angaben, um ohne umfangreiches Fachliteraturstudium die in Industriebetrieben, Gebäudekomplexen und Energieversorgungsunternehmen eingesetzten KWKK-Anlagen in technischer, wirtschaftlicher und ökologischer Hinsicht beurteilen zu können. Mit Beispielen wird die Vorgehensweise bei der Anlagenauslegung, der wirtschaftlichen Bewertung und der Aufstellung von Emissionsbilanzen erläutert. Es finden sich u. a. Arbeitshilfen für die Planung von Blockheizkraftwerken, Gasturbinen-Heizkraftwerken, Dampfturbinen-Heizkraftwerken sowie Wärmepumpen und Absorptions-/Adsorptionskälteanlagen. Weitere KWKK-Techniken, wie ORC-Anlagen, Stirlingmotoren und Brennstoffzellen werden behandelt. Ebenso wird untersucht, wie regenerative Energien, z. B. Biomasse, mit KWKK effizienter genutzt werden können.



Professor Dr. rer. nat. Gunter Schaumann berät Unternehmen auf dem Gebiet der Energieeffizienz. Im Bereich der Transferstelle für rationale und regenerative Energienutzung – TSB Ingeln, deren Gründer und Leiter er 15 Jahre war, stellt er sein Wissen zur Verfügung. Er ist u. a. tätig als EU-Energie-Experte, als Obmann des Fachausschusses Energieumwandlung im VDI Deutschland, als Mitglied der Enquete-Kommission Klimawandel im Landtag Rheinland-Pfalz und als Vorsitzender des Stuhngrates der Mainz Stiftung für Klimaschutz und Energieeffizienz.



Dipl.-Ing. Karl W. Schmitz trägt seit mehr als 30 Jahren in vielen Projekten der industriellen und kommunalen Energieversorgung die Verantwortung für die Durchführung der Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen und für die Realisierung der Lösungen. Er ist Geschäftsführer der EJ-Consult GmbH Ingenieurbüro für Energie- und Umweltschnik in Ludwigshafen.

ISBN 978-3-642-01424-6



springer.de

VDI

Schaumann · Schmitz
(Hrsg.)



Kraft-Wärme-Kopplung

4. Auflage

Gunter Schaumann · Karl W. Schmitz (Hrsg.)

Kraft-Wärme-Kopplung

4., vollständig bearbeitete
und erweiterte Auflage

Springer

VDI

Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010 - 455 Seiten

KSB - 6.Nov.2012

Exergie – KWK und Wärmepumpe

Prof. Dr. Gunter Schaumann

save Exergy

ist klüger als

save Energy

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit