Gasmotorwärmepumpen:
Ein Beitrag zu einer wirtschaftlich erfolgreichen Energiewende

Prof. Dr.-Ing. Jochen Arthkamp

Technische Hochschule
Georg Agricola zu Bochum

jochen.arthkamp@thga.de

Inhalte

Technische Hochschule Georg Agricola

- Energiebilanzen Deutschland und Japan
- Wettbewerb und Vermarktung
- Herausforderungen in Deutschland
- Herausforderungen in Japan
- Kooperation Staat, Gerätehersteller, Energieversorger
- Schlussfolgerungen

Energie in Deutschland 2016: Oberste Ergebnisse einer Online-Suche

Technische Hochschule Georg Agricola

Abb.: Google

Energiewende in Deutschland

Technische Hochschule Georg Agricola

- Aufgaben
  - Ersetzen von Kernkraftwerken
  - Steigerung der Energieeffizienz
  - Energieeinsparungen
  - zunehmender Anteil regenerativer Energieträger

- Herausforderungen
  - Energiemengenproduktion
  - Leistung jederzeit verfügbar halten
  - Nachhaltigkeit
  - Umweltverträglichkeit
  - Kosten

Energiewende in Japan vor Fukushima

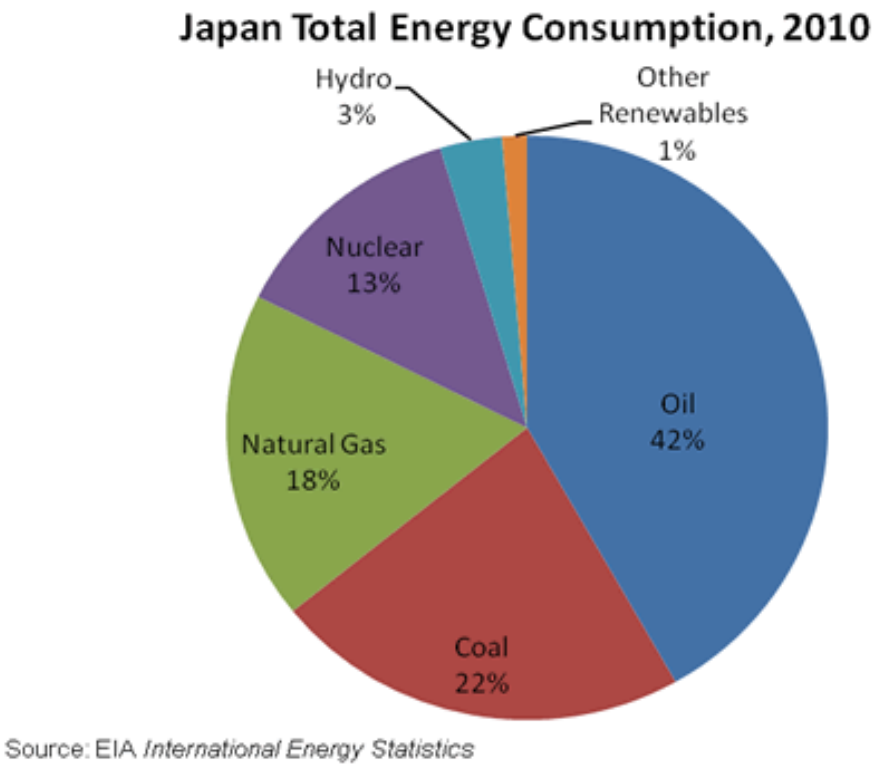
Technische Hochschule Georg Agricola

- Aufgaben
  - Zuverlässige Energieversorgung von Inseln
  - Wirtschaftliche Energieversorgung
  - Energiespeicherung
  - Energieeinsparungen

- Herausforderungen
  - Hoher und steigender Energiebedarf für Kühlung/Klimatisierung
  - Elektrische Netze an der Leistungsgrenze
  - Geringe eigene Energieressourcen

Energiemix Japan und Deutschland

Technische Hochschule Georg Agricola



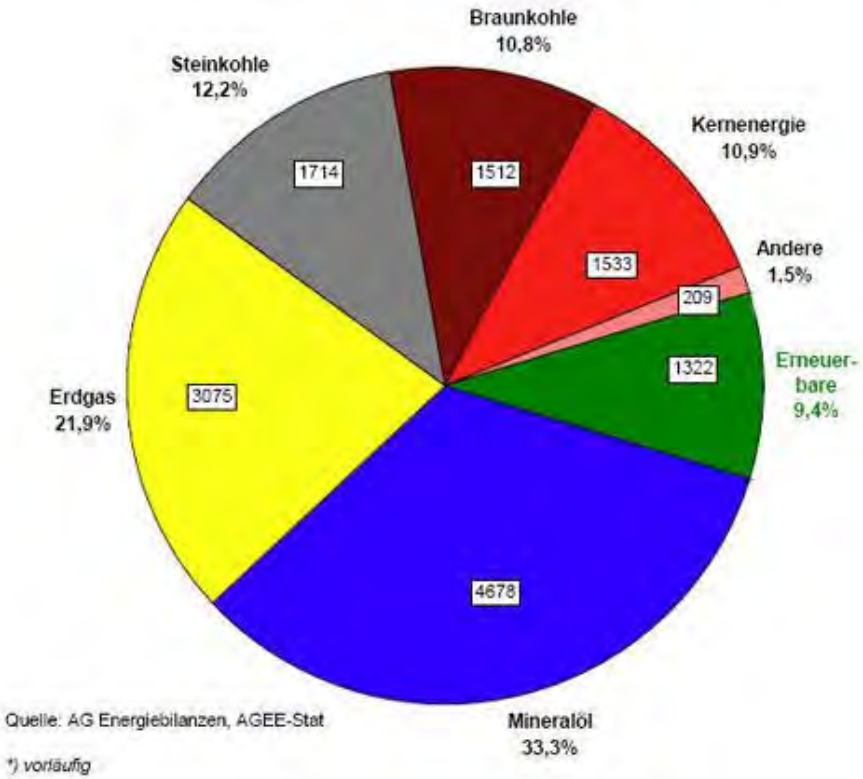


Abb.: IEA/ AG Energiebilanzen

Bruttostromerzeugung in Deutschland 2015

Technische Hochschule Georg Agricola

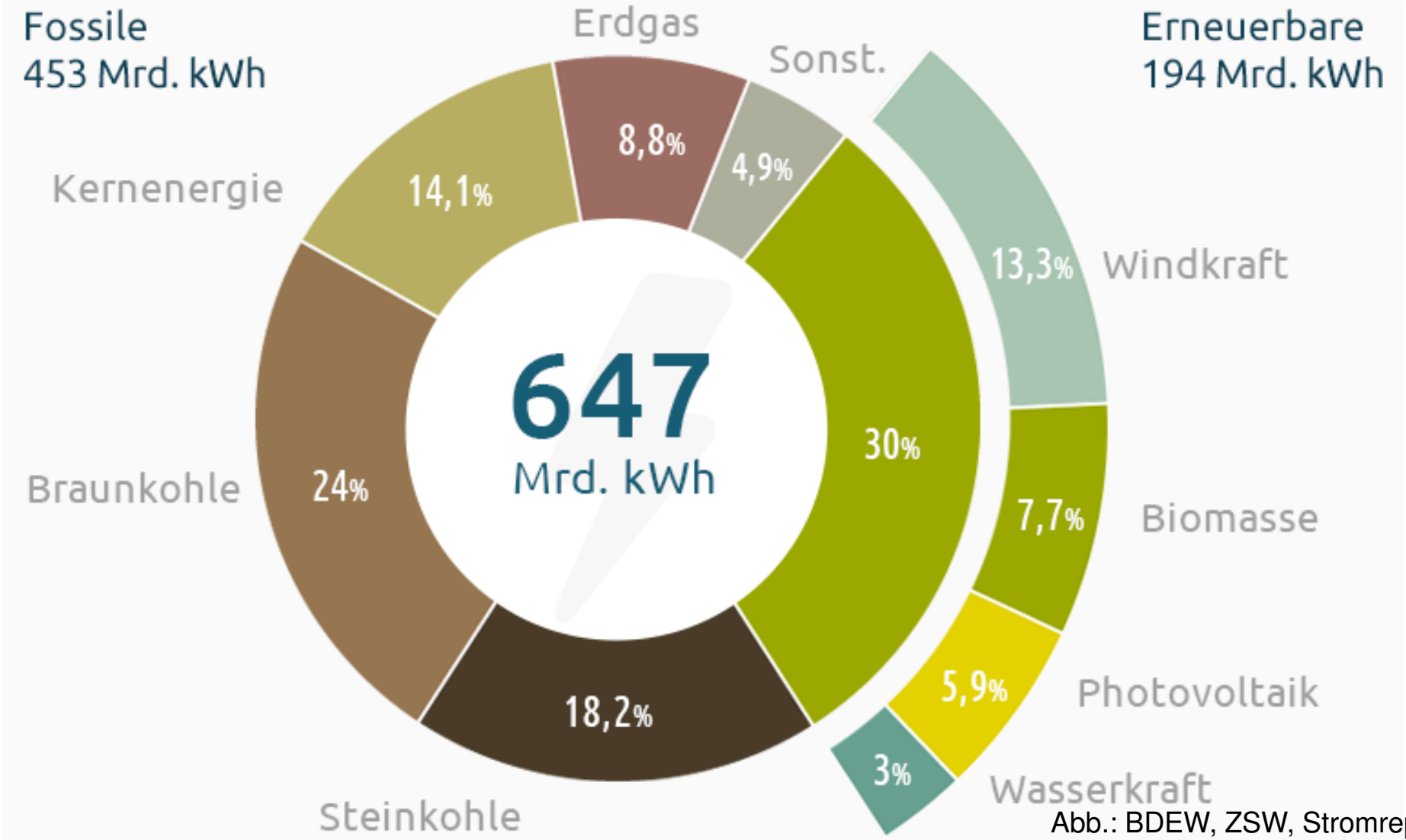


Abb.: BDEW, ZSW, Stromreport

Bewertung von Energie

- Vergangenheit
  - räumlich begrenzt
  - zeitlich begrenzt
  - Menge begrenzt
- Gegenwart
  - jederzeit verfügbar
  - zentral
- Zukunft
  - erneuerbar
  - speicherbar
  - dezentral
- Immer
  - verfügbar
  - bezahlbar

Abb.: Moin Energie

Elektrischer Strom

Technische Hochschule Georg Agricola

- **+**
  - mit vielen Techniken und Energieträgern erzeugbar
  - universell einsetzbar
  - HOHER EXERGIEWERT
    (2. Hauptsatz der Thermodynamik)

- **-**
  - vielfach unter hohen Verlusten produziert
  - Gleichzeitigkeit Produktion/Bedarf
    bei regenerativen Quellen
  - Kosten
  - Speicherung schwierig und teuer
  - SCHLECHTER SPEICHERWERT
    (neuer Hauptsatz?)

Gleichzeitigkeit zwischen Angebot und Verbrauch

Technische Hochschule Georg Agricola

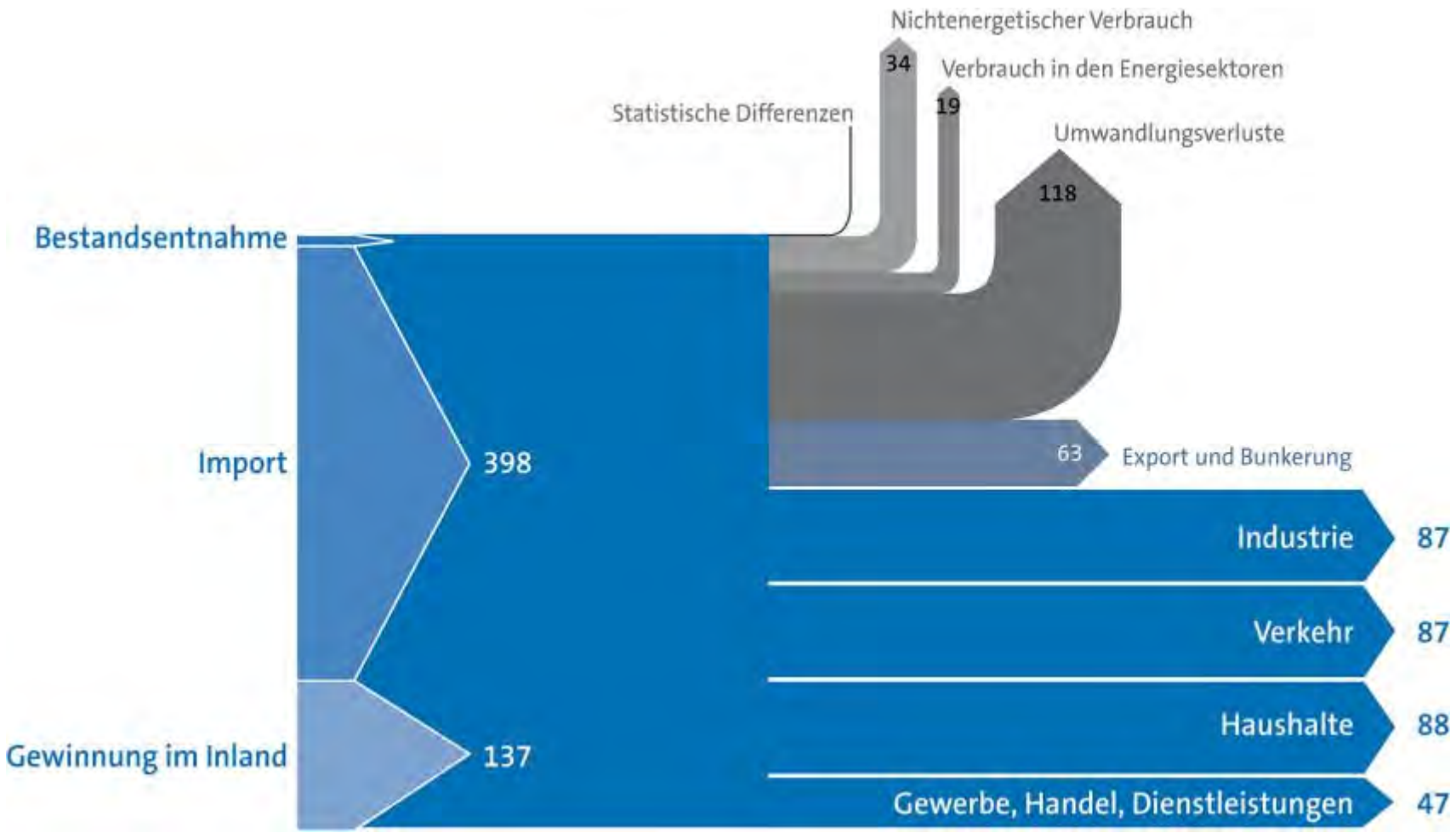
+

=

?

Abb.: wetter.net; hallertau.info; strassenweb.de

Energiebilanz Deutschland



Herausforderung in Japan

Technische Hochschule Georg Agricola

- Heiße, schwüle Sommer
- Hoher Energiebedarf für Klimatisierung
- Wirkungsgrade thermischer Kraftwerke im Sommer begrenzt
- Elektrische Netze und Speicher an der Belastungsgrenze

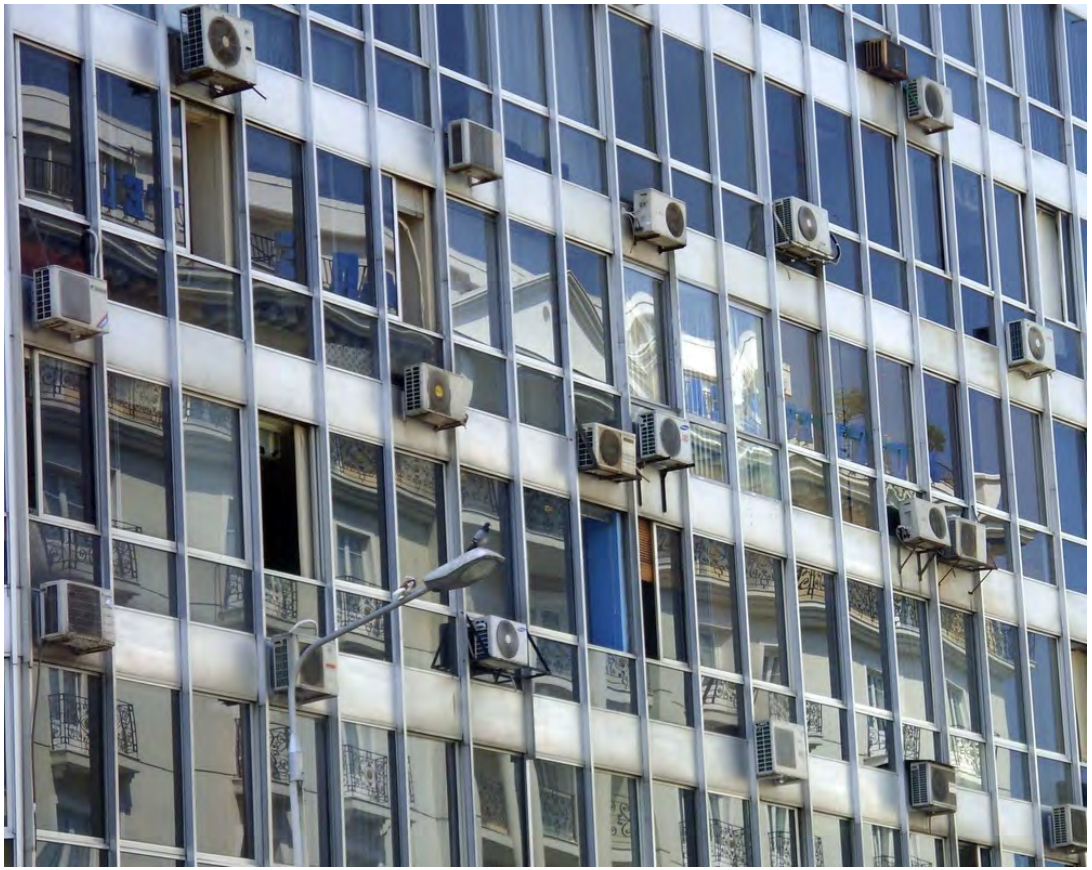
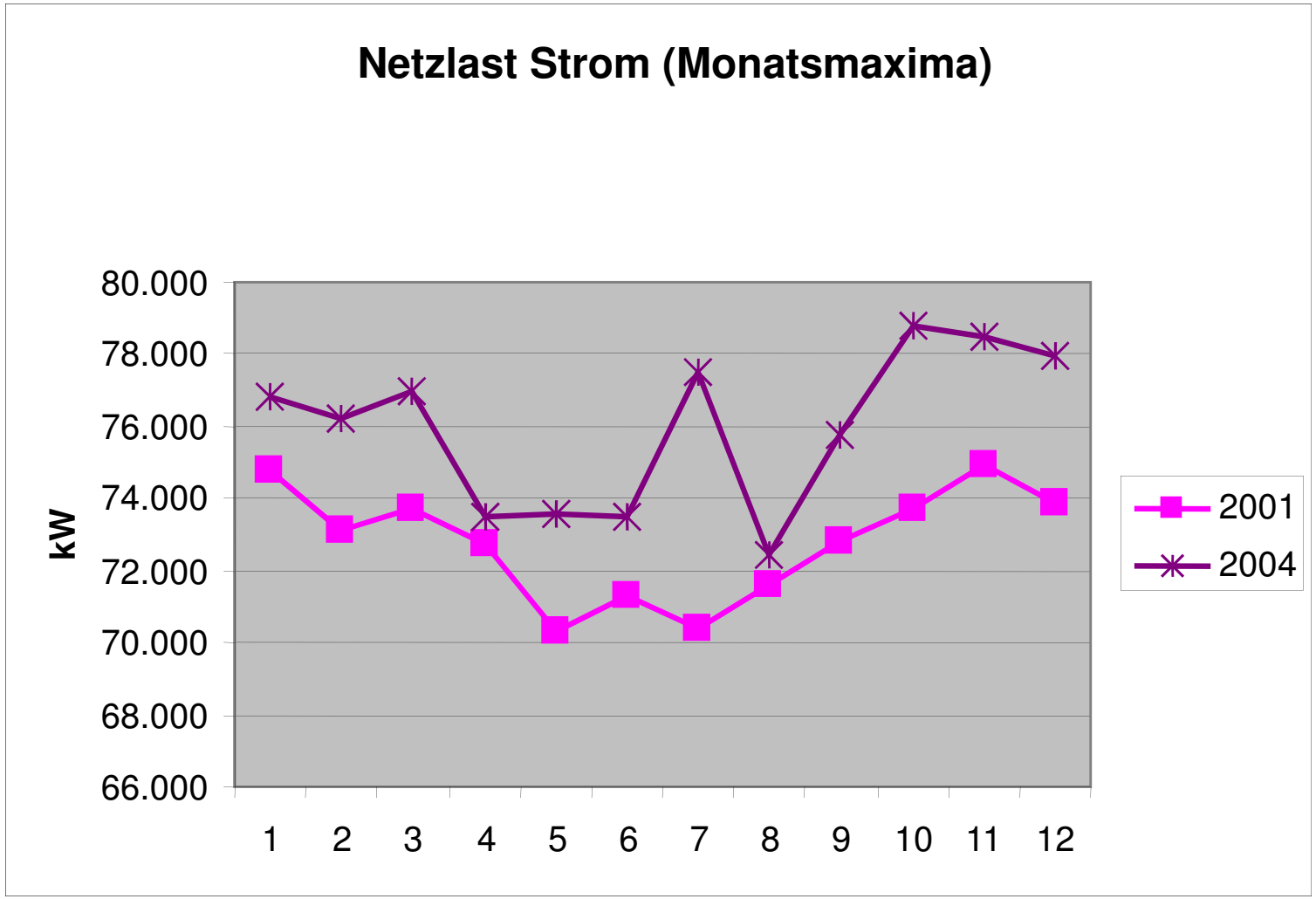
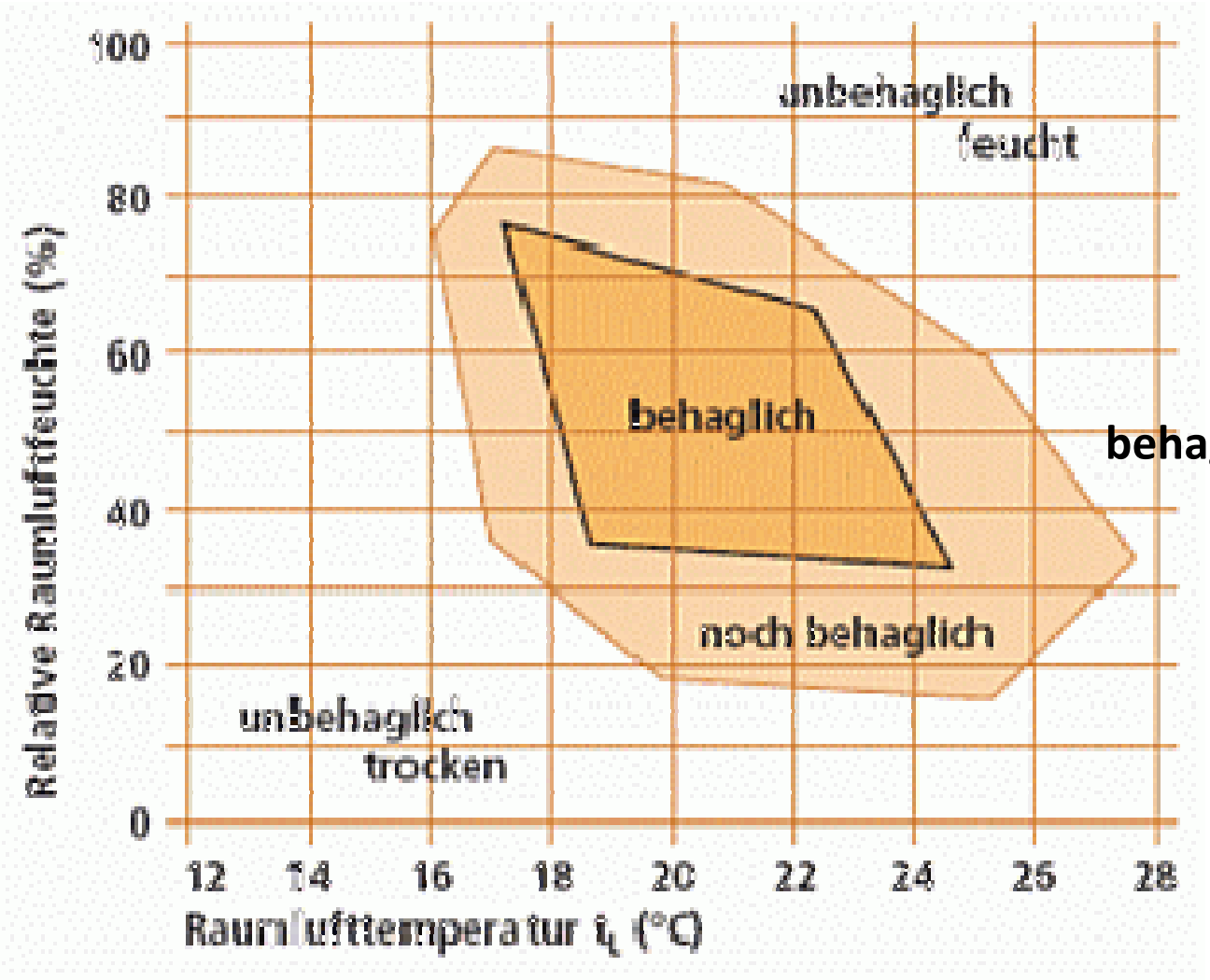


Abb.: Christian Lundbeck

Zunehmende Belastung elektrischer Netze auch in Deutschland



Behaglichkeitsbereich des Menschen



behaglich

Abb.: m+p

Energiebedarf für Kälte/Klimatisierung

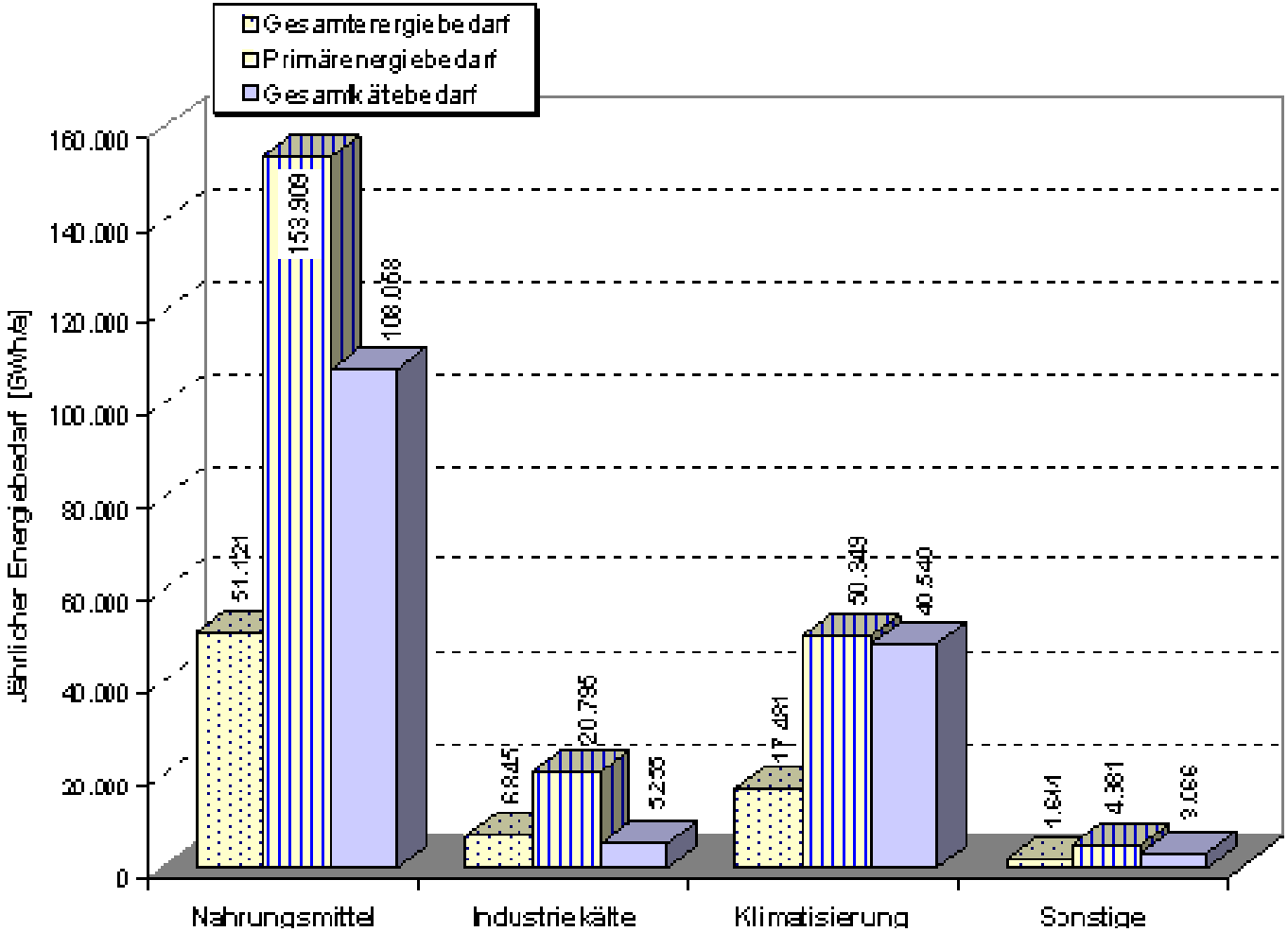
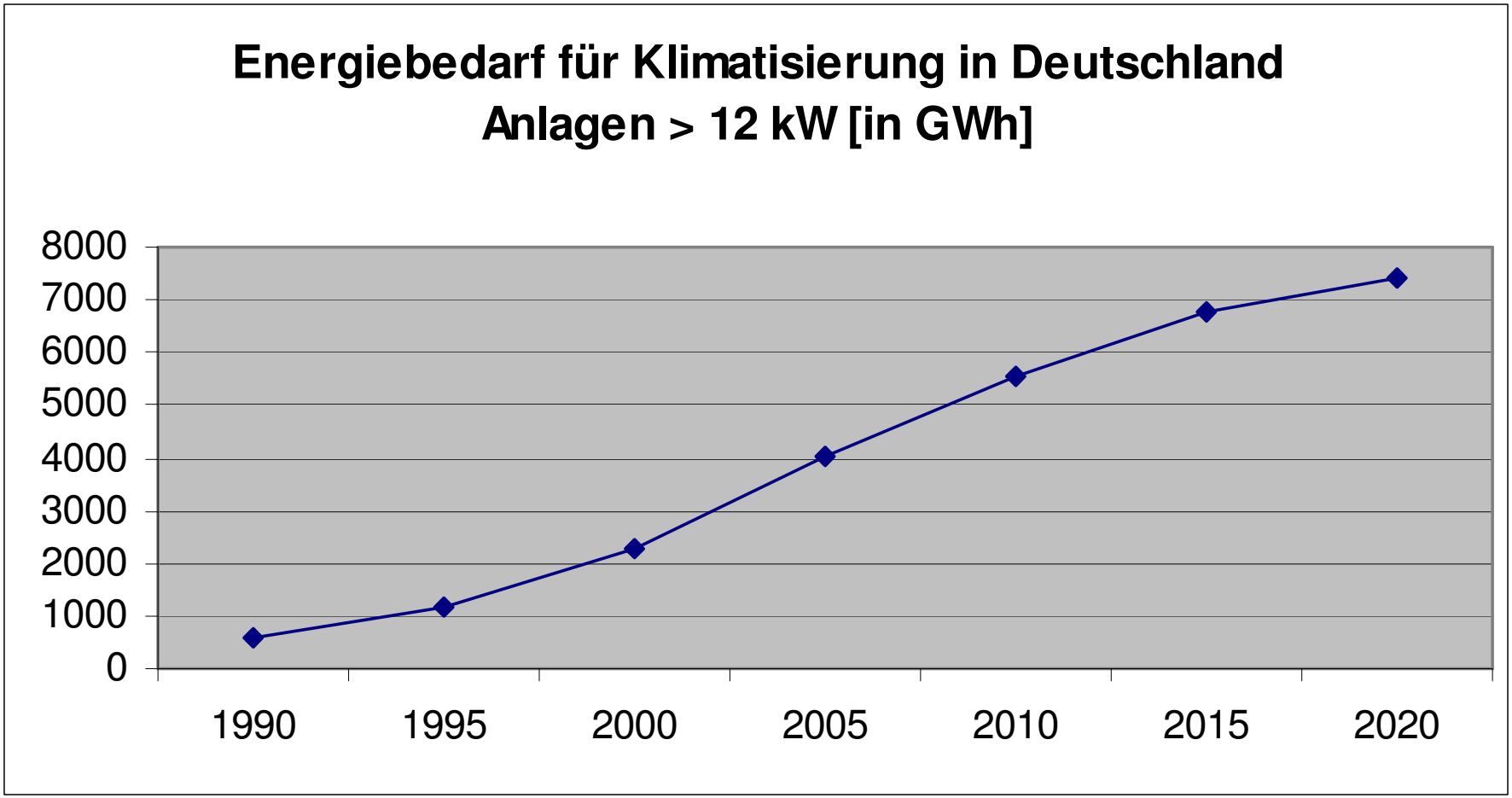


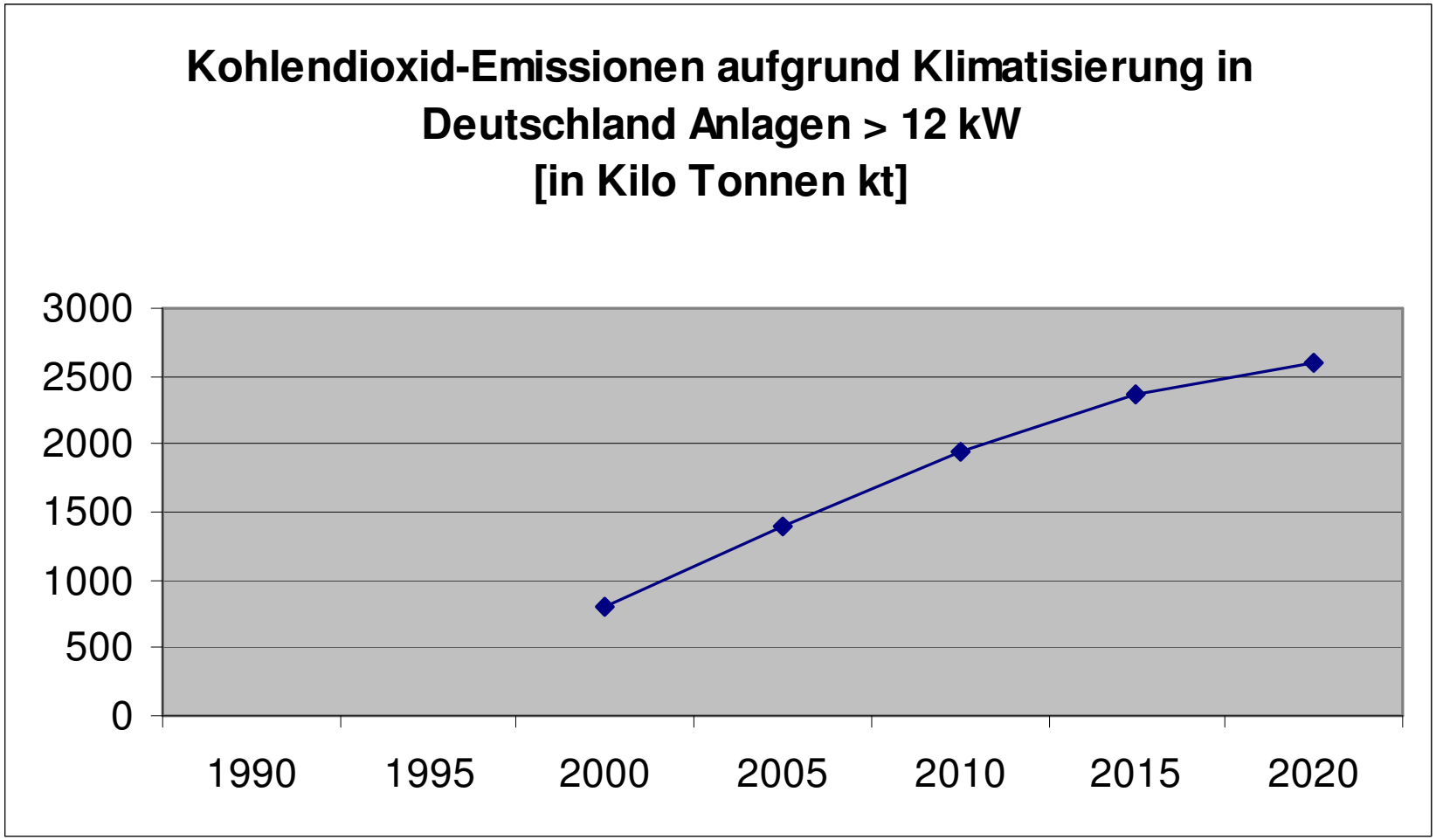
Abb.: DKW

Energiebedarf der Klimatisierung In Deutschland



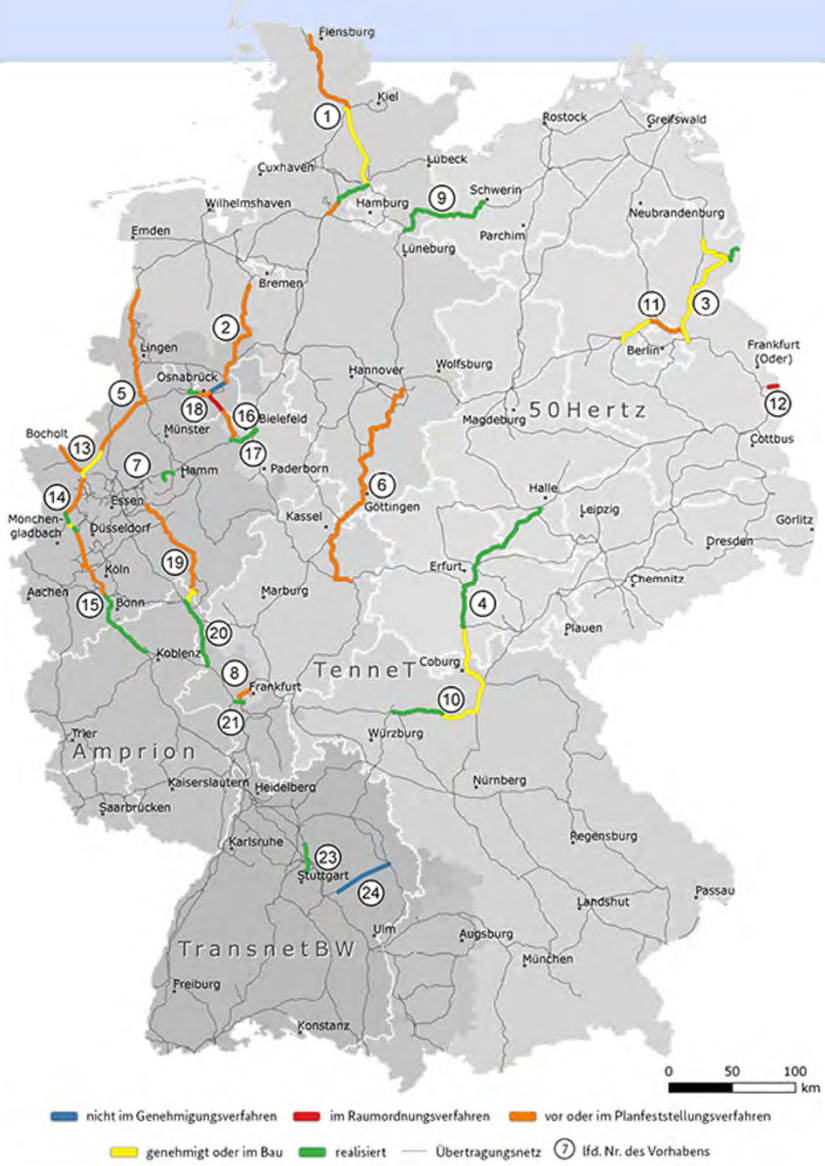
Quelle: Directorate-General Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the E.U., April 2003

CO_2-Emissionen aus der Klimatisierung in Deutschland



Quelle: Directorate-General Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the E.U., April 2003

Zäher Ausbau der Stromnetze



<u>Energieleitungsausbaugesetz</u>:

Soll 2009: ≈ 1900 km

Ist II 2015: ≈ 500 km

Energie hat viele Formeln

Technische Hochschule Georg Agricola

$$Q_{p1-2} - Q_{v\,1-2} = \Delta Q = \Delta W$$

$$w_{t\,1-2} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \cdot R \cdot T_1 \cdot \left(\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right)$$

$$Y_A = \frac{p_{BD} - p_{BS}}{\rho} + g \cdot (z_{BD} - z_{BS}) + \frac{{c_{BD}}^2 - {c_{BS}}^2}{2} + Y_{V,S} + Y_{V,D}$$

$$\Delta W = \frac{F_a}{A_{Kolben}} \cdot A_{Kolben} \cdot x = p_1 \cdot (V_2 - V_1)$$

$$w_t = \oint v \cdot dp = -\oint dq$$

$$\int_1^2 T \cdot ds = q_{1-2} = T \cdot (s_2 - s_1) = -w_t$$

Energienetze in Deutschland

Technische Hochschule Georg Agricola

- Elektrischer Strom
- Erdgas / Bio-Erdgas / Power to Gas
- Nah- und Fernwärmenetze
- Nah- und Fernkältenetze
- Druckluft
- Wasserstoff
- …

Gasmotorwärmepumpe
Prinzip

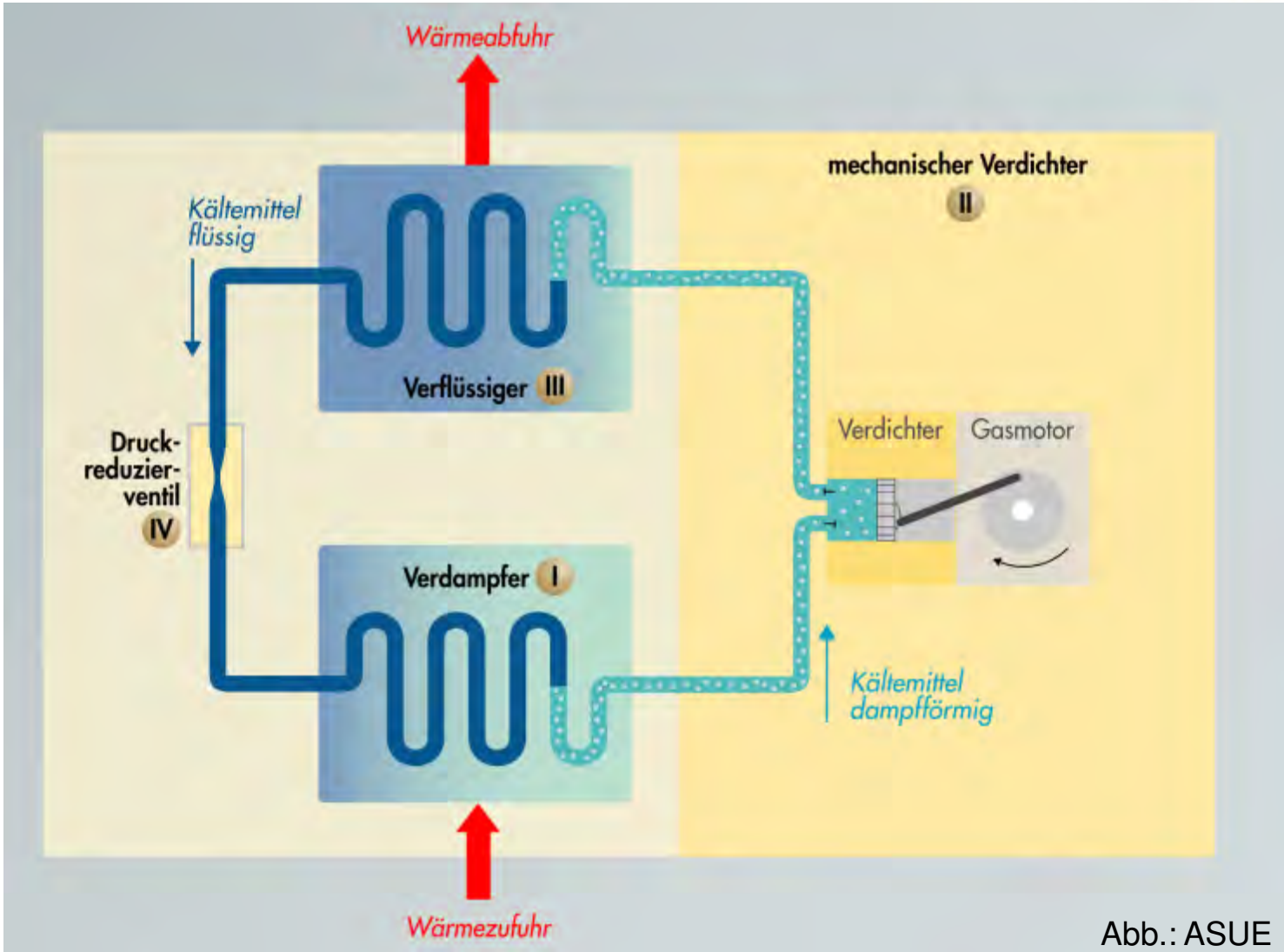


Abb.: ASUE

Entwicklung in Japan

Technische Hochschule Georg Agricola

- Sehr gute Geräte wurden entwickelt
- Über 800.000 Geräte in Asien installiert: Anschlussleistung ca. 40 GW
- zuverlässige Klimatisierung/Heizung
- Entlastung von Stromnetzen
- Erdgas ist leicht speicherbar

Motorische Gaswärmepumpe (Gasklimagerät)

Abb.: Yanmar

Umgebung für die Gasmotorwärmepumpe

Technische Hochschule Georg Agricola

Abb.: Loopair

Energiebilanz

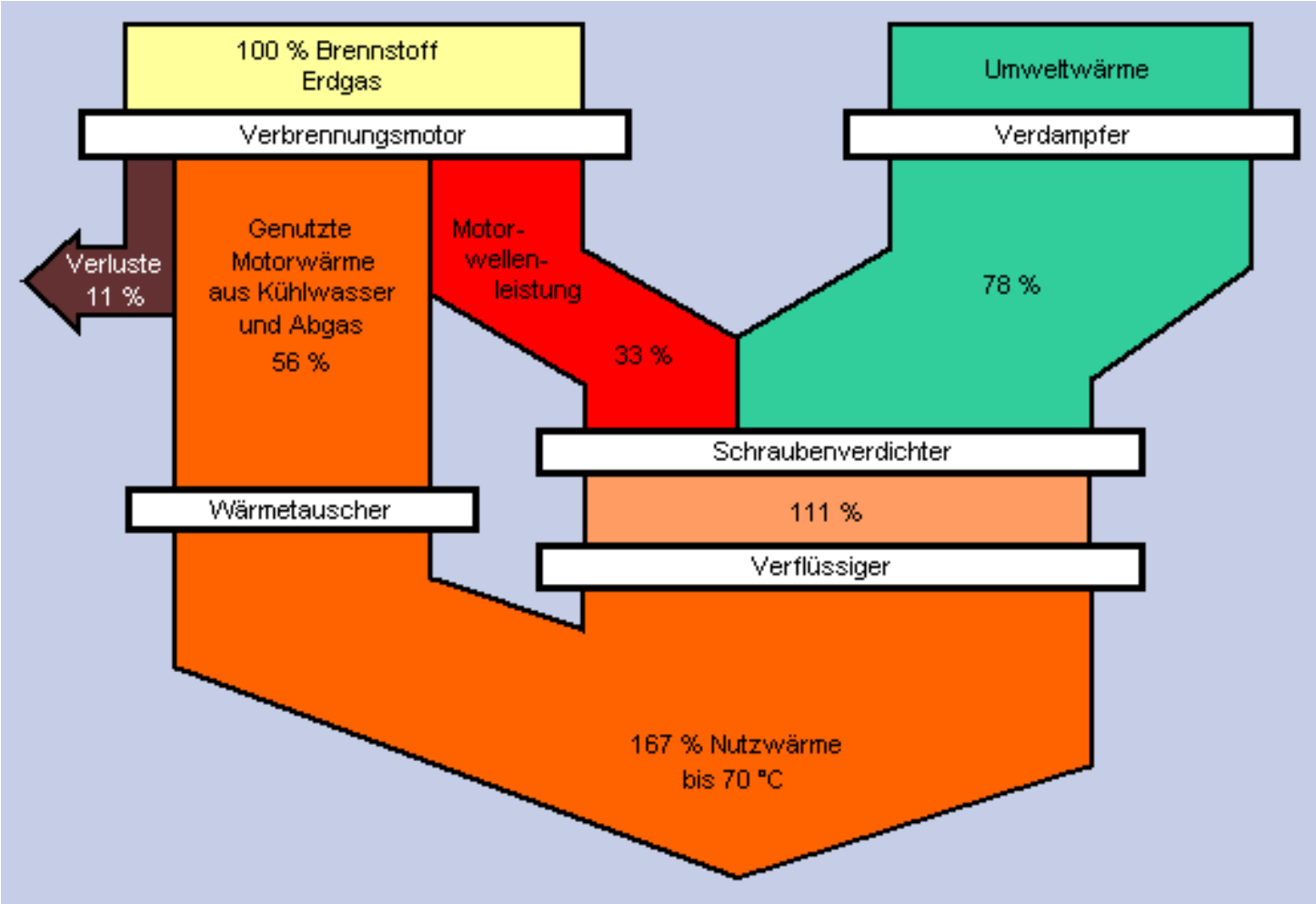


Abb.: RI Ing GmbH

Gasmotorische Wärmepumpen

Technische Hochschule Georg Agricola

Gaswärmepumpe mit VRF-Verteilung

Technische Hochschule Georg Agricola

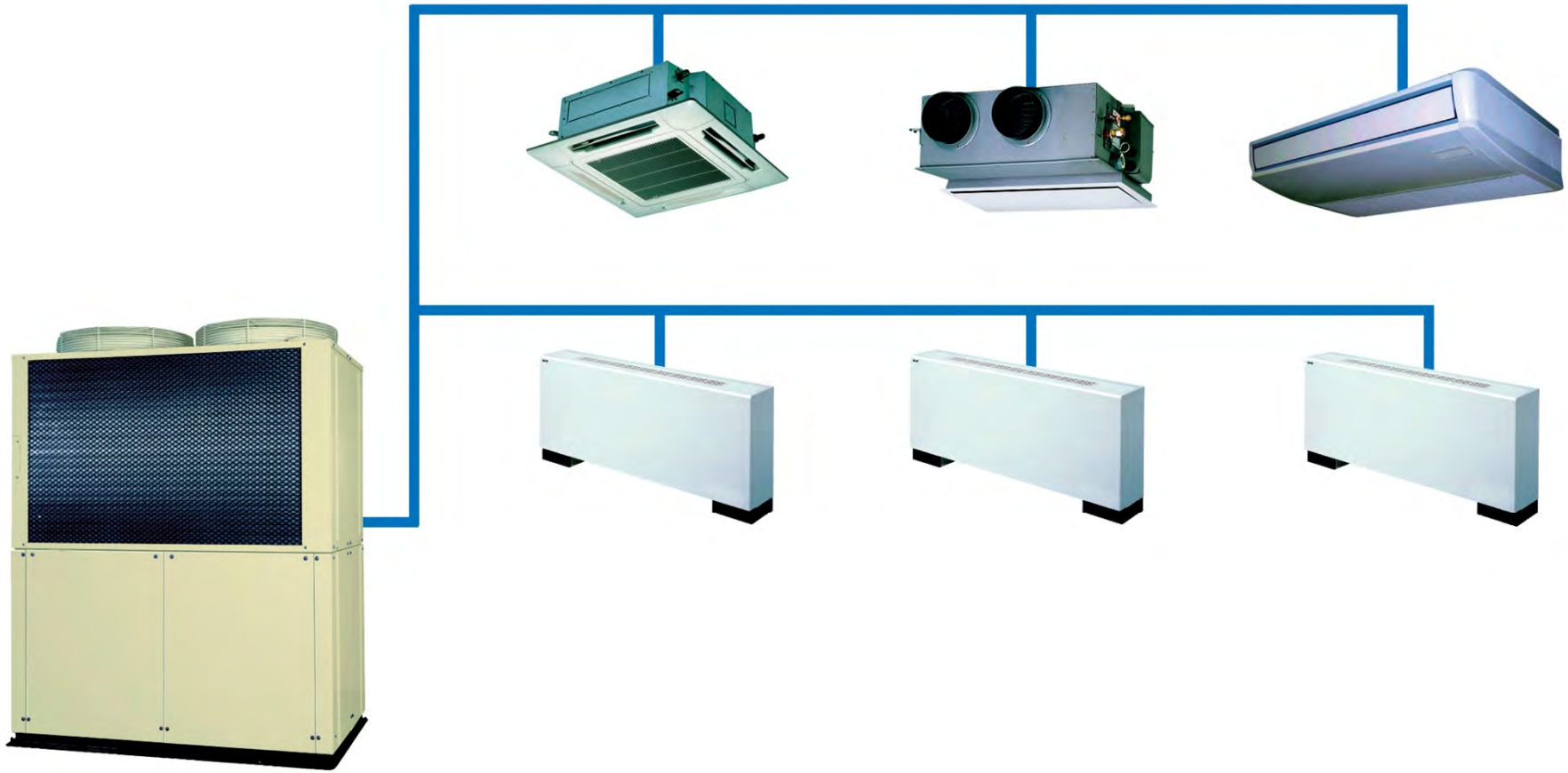


Abb.: ASUE

Gaswärmepumpen im Heizbetrieb: Energieeinsparung im Winter

Technische Hochschule Georg Agricola

Abb.: ASUE

Lösungsansatz in Japan

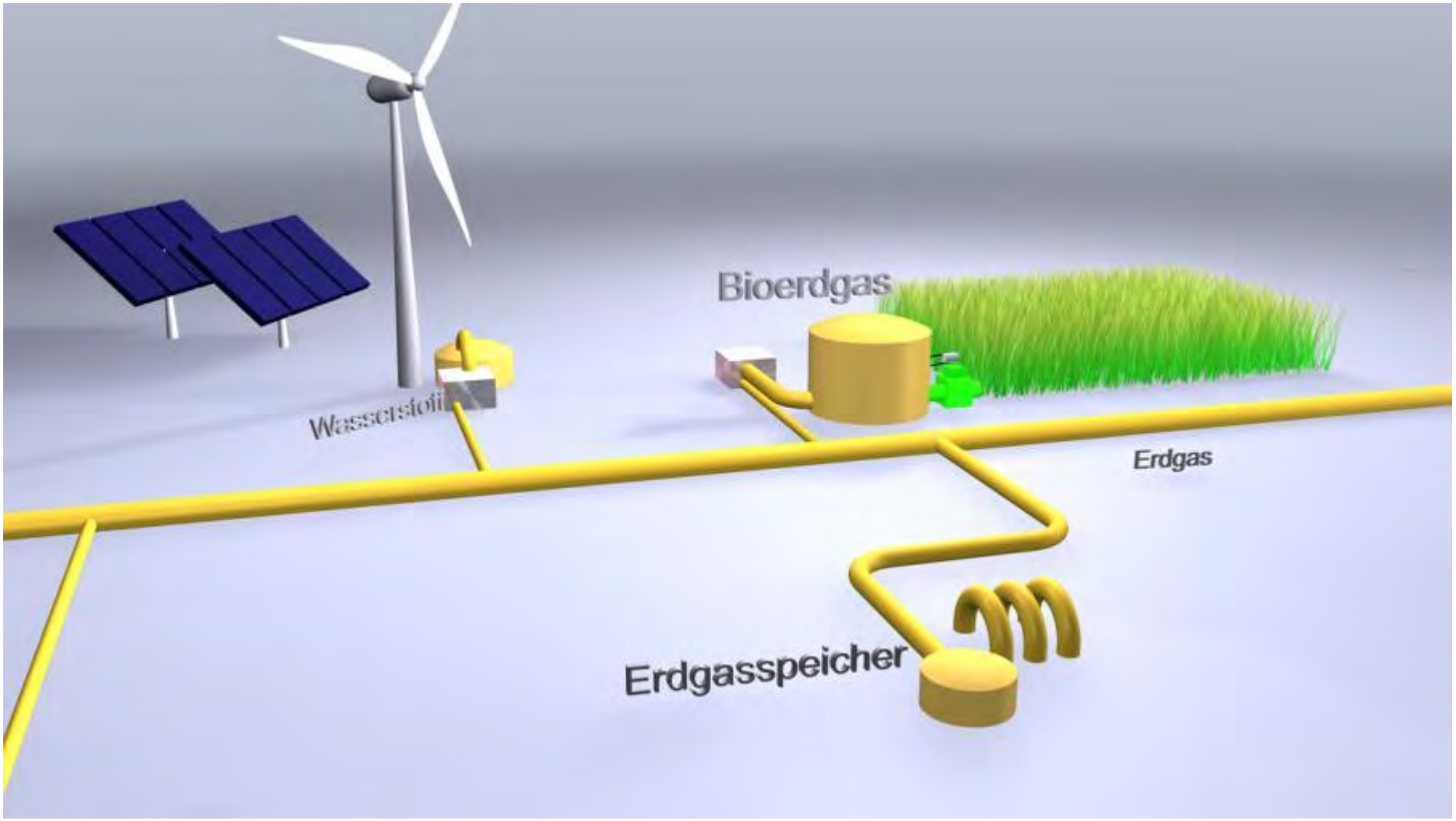
Technische Hochschule Georg Agricola

- Austausch des elektrischen Antriebs durch Gasmotor
- Gemeinsame Basisentwicklung
  - Japanischer Staat
  - Gerätehersteller
  - Energieversorger
- Weiterentwicklung der Gerätehersteller
- Markteinführung durch konkurrierende Gerätehersteller
- Vertrieb durch Energieversorger

Abb.: AISIN

Klassische und erneuerbare Energieträger

Technische Hochschule Georg Agricola



Entwicklung der EEG-Umlage für Haushaltskunden

Technische Hochschule Georg Agricola

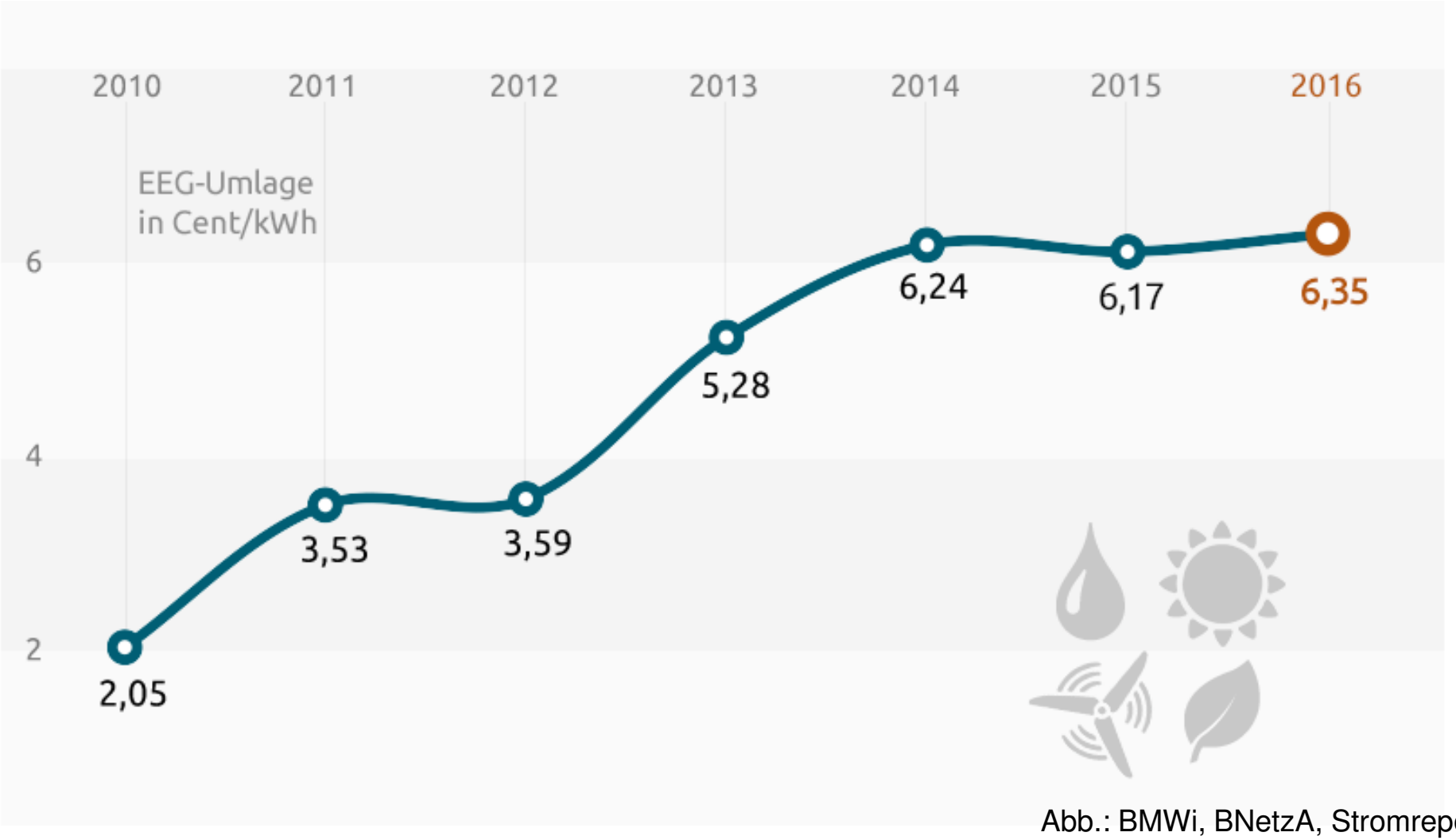


Abb.: BMWi, BNetzA, Stromreport

Strompreisentwicklung

Technische Hochschule Georg Agricola

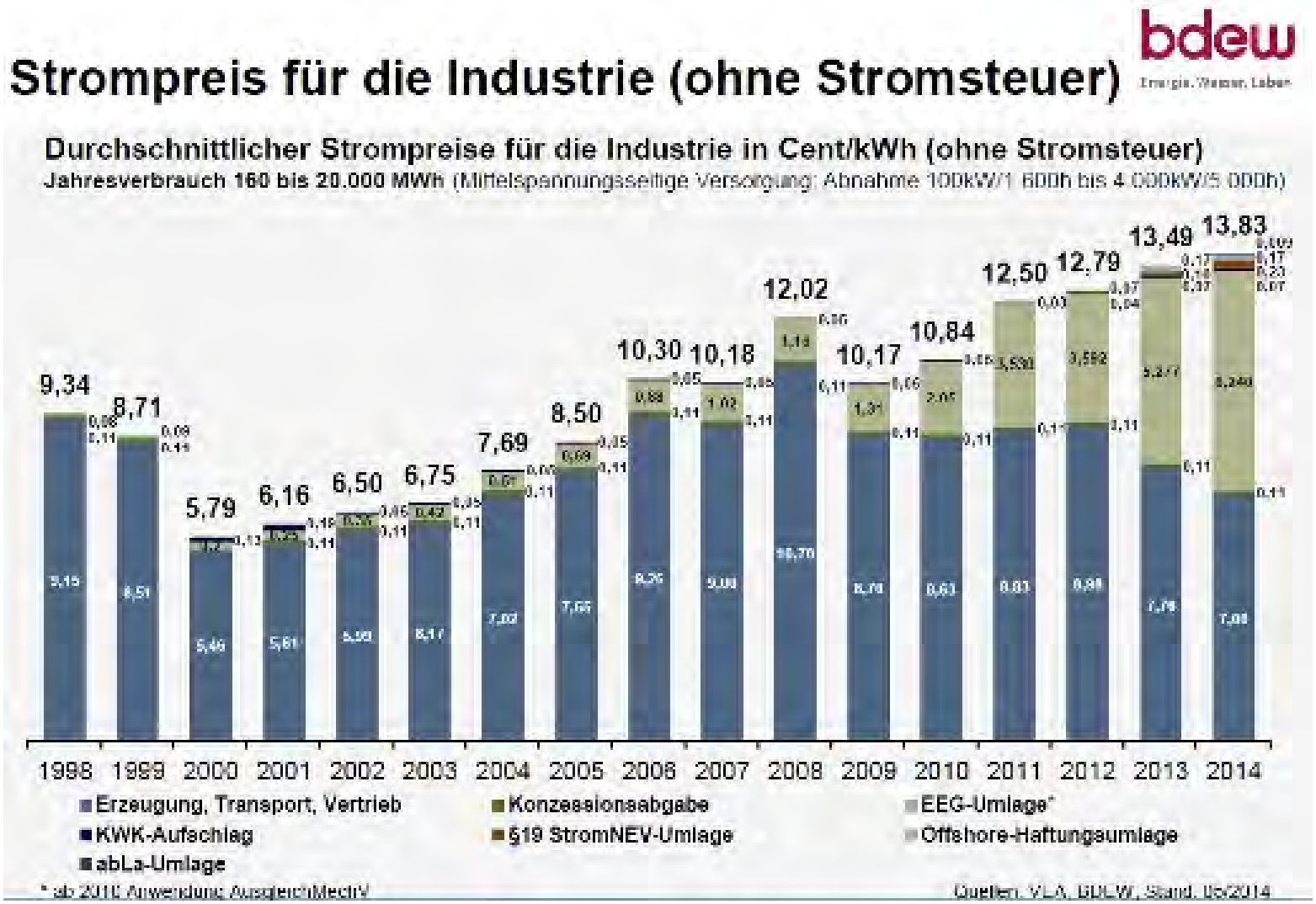


Abb.: BDEW

Gasmotorwärmepumpe im Einsatz

Technische Hochschule Georg Agricola

- Aufbau wie beim Elektrogerät
- Außenplatzierung spart Technikraum ein
- ab 2017 auch für Kühlhäuser
- Anwendungen:
  - Heizen/Kühlen/Entfeuchten
  - Klimatisieren/Trinkwassererw.
- Einsatzgebiete:
  - Bürogebäude
  - Supermärkte
  - Einkaufszentren
  - Hotels
  - Lagerhallen
  - …

Fazit / Perspektive

Technische Hochschule Georg Agricola

- Gasmotorwärmepumpen können einen Beitrat zur Energiewende leisten
  - Energieeinsparung im Winter
  - Entlastung elektrischer Netze im Sommer
- Viele dezentrale Techniken können wenige zentrale Techniken ersetzen
- größte Herausforderung ist die Speicherung von Energie
- Erdgas ist besser zum Speichern geeignet als elektrischer Strom
- Umstellung einer Energieversorgung ist langwierig: Technik, Marketing

Zusätzlicher Anbieter: Yanmar

Abb.: Yanmar

Haben Sie noch Fragen?
gern jetzt – und auch später . . .

Technische Hochschule Georg Agricola

Prof. Dr.-Ing. Jochen Arthkamp
jochen.arthkamp@thga.de