

REA – Ressourcenexergieanalyse

Eine Alternative zur Primärenergieanalyse für
weniger Greenwashing und mehr Klimaschutz

Dr. Andrej Jentsch | 05.03.2024

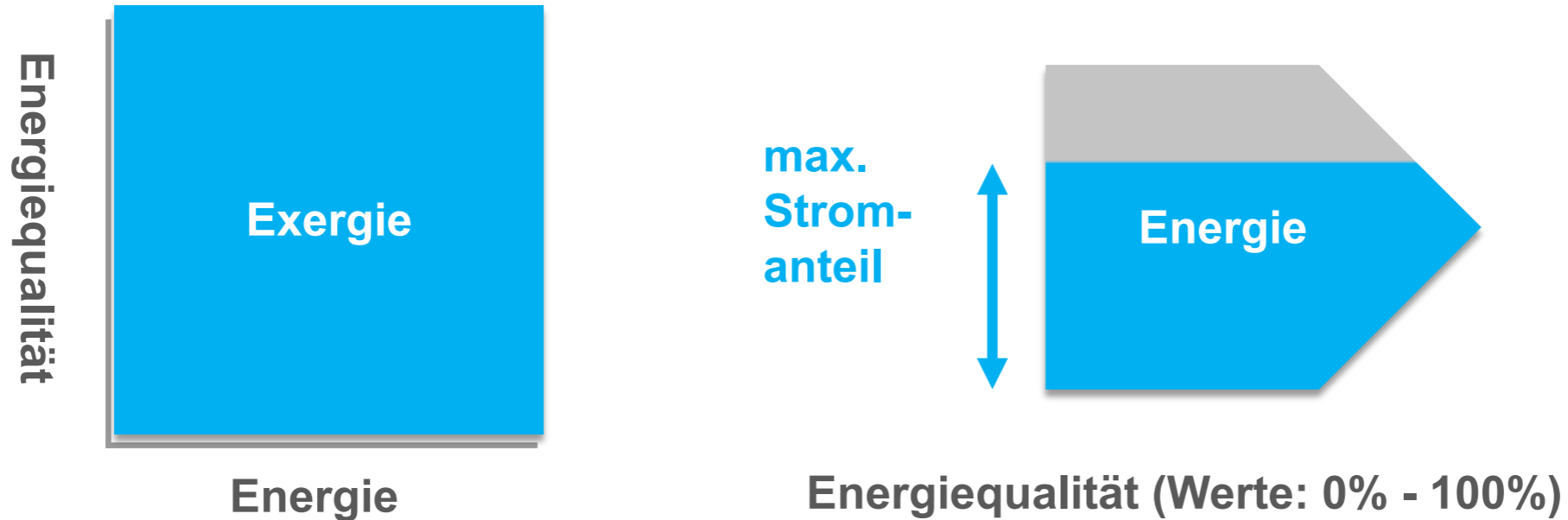
*Klimaschutz ohne fundierte Bewertungsmethoden ist wie
Autofahren mit einer bemalten Windschutzscheibe –
Unfälle sind vorprogrammiert.*

*Klimaschutz ohne realitätsnahe und umfassende
Bewertung von Technologien?*

- **Greenwashing**
- **Fehlinvestitionen**
- **Mehr Klimawandel**

» **Aktuelle Bewertungssysteme sind nicht ausreichend umfassend**

- **Primärenergiefaktoren (fossil):** für erneuerbaren Energien oft ununterscheidbar
- **Primärenergiefaktoren (gesamt):** erneuerbare Energien und fossile Energien nahezu gleich
- **Erneuerbare Energien:** kein Garant für Klimaschutz (z.B. Palmöl aus Regenwaldrodung)
- **Direkte Treibhausgasemissionen:** wichtig, aber allein nicht ausreichend
 - indirekte Emissionen durch Verschwendung nicht berücksichtigt



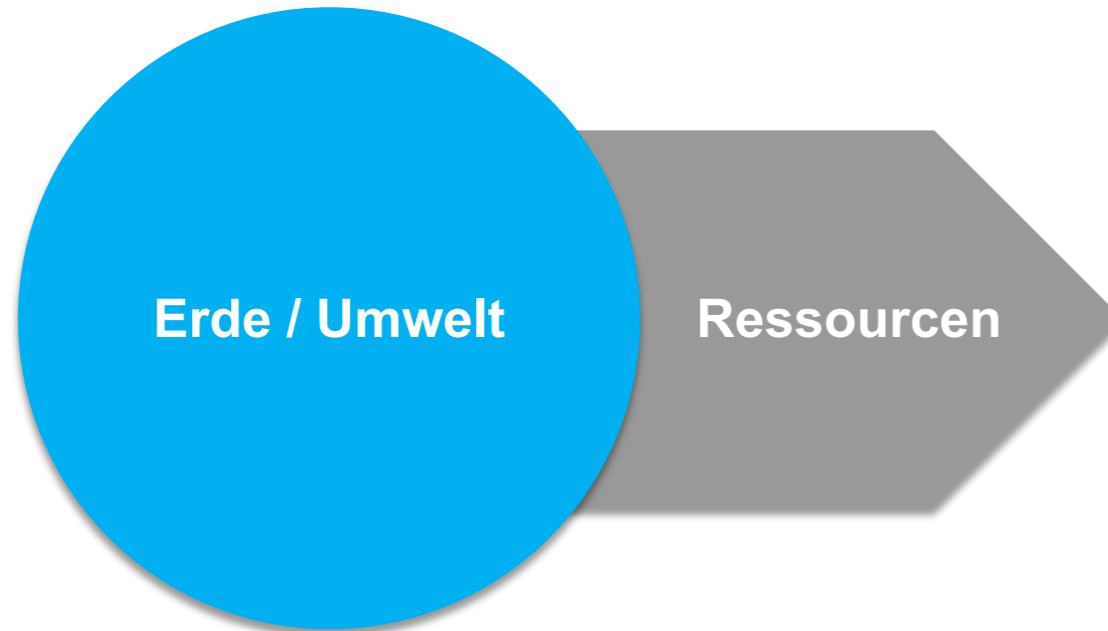
- $\text{Exergie} = \text{Energie} \cdot \text{Energiequalität}$
- Exergie \rightarrow physikalisches Stromäquivalent \rightarrow wertvolle Energie
- Energie wird nur umgewandelt – Exergie und Energiequalität werden verbraucht.

**Energieanalyse –
Buchhaltung mit Münzen**



**Exergieanalyse –
Buchhaltung mit Geld**





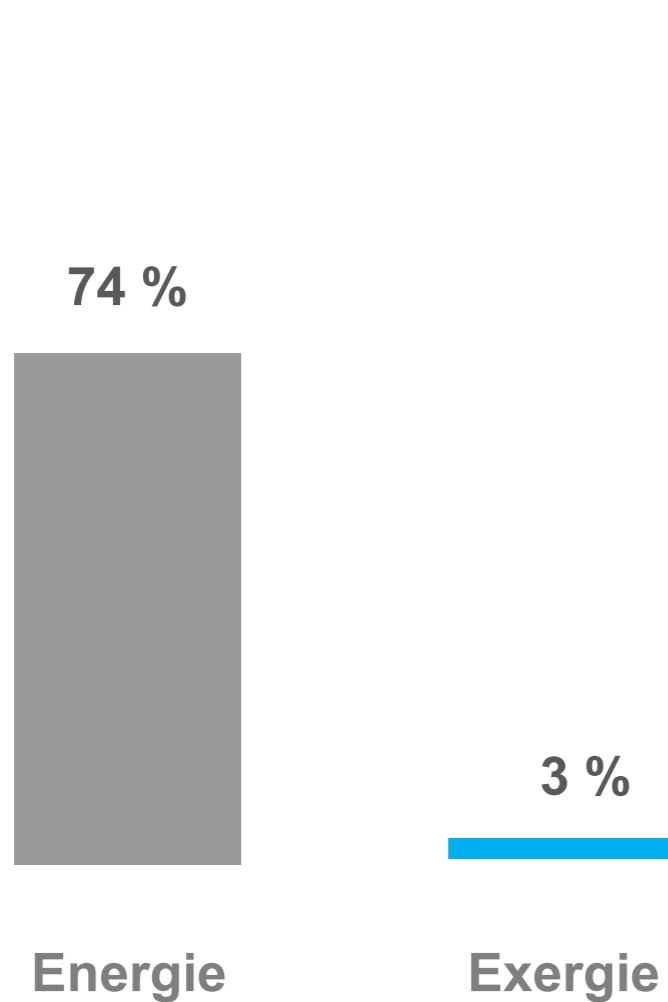
Ressourcen

=

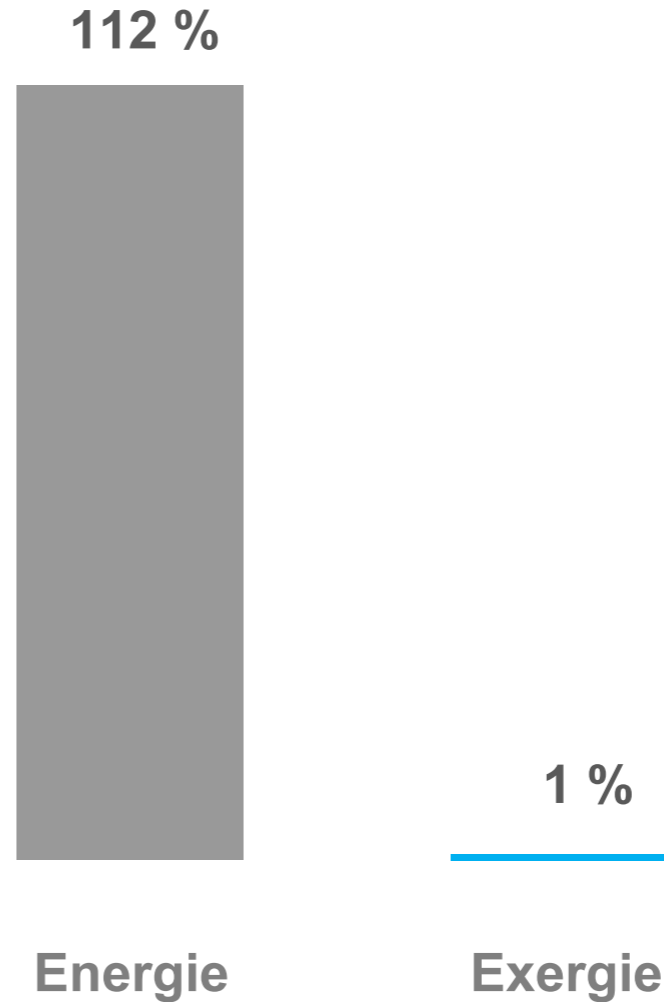
**Energie und Rohstoffe
aus der Umwelt**

→ messbar in Exergie

Bsp.: Raumwärme - Gaskessel



Bsp.: Raumkühlung – el. KKM



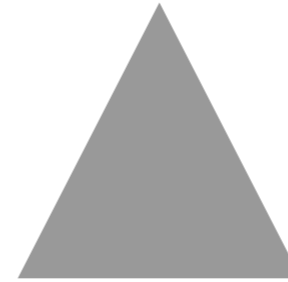
- Starke Unterschiede in der Effizienzbewertung!
- Energieanalyse übersieht Optimierungspotenzial...

Strom

Kälte bei 5°C

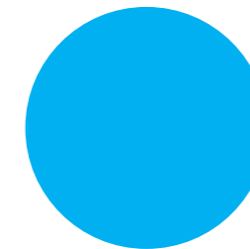
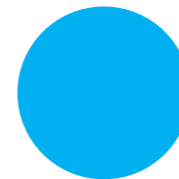
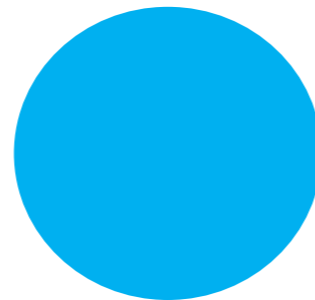
Dampf bei 195°

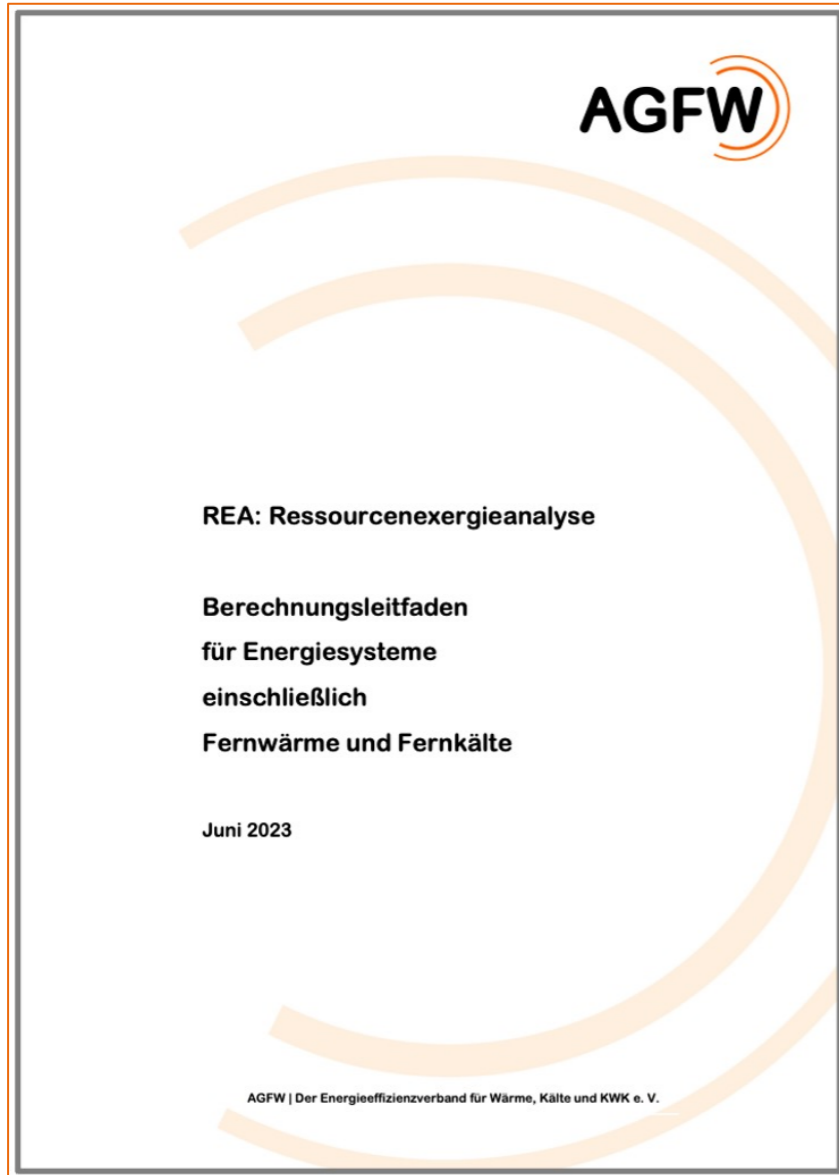
Energiekennzahlen
→ nicht immer
vergleichbar



In Exergie umgerechnet

Exergiekennzahlen
→ immer vergleichbar

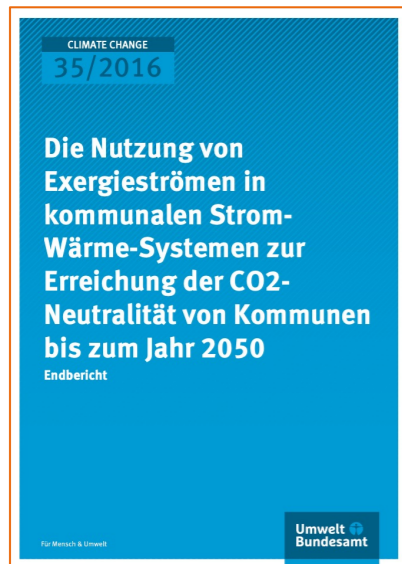
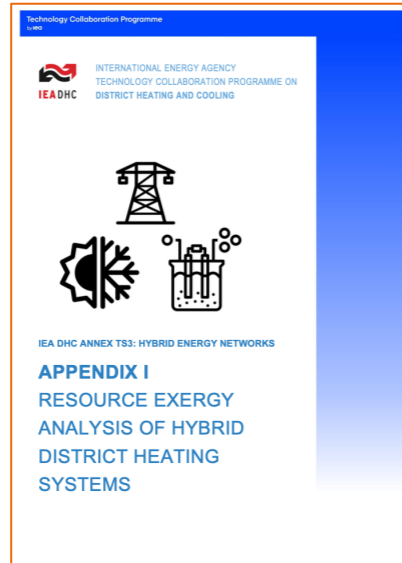




- » **Berücksichtigt Exergie & setzt konsistente Bilanzgrenzen**
 - Umfassende thermodynamische Grundlage: Energie & Energiequalität werden berücksichtigt (1. & 2. Hauptsatz)
 - Nur direkt speicherbare Exergieströme werden als Ressourcen betrachtet

- » **Ziel: Minimierung der Verschwendung von Ressourcen**

- » **Transparent dokumentiert im Juni 2023**



» IEA DHC Anhang TS3

» AGFW - Forschungsprojekte

» UBA - Deutsches Umweltministerium

» SWM - Kommunaler Energieversorger der Stadt München

→ Über ein Jahrzehnt der Anwendung und Entwicklung:

→ verlässlich und risikoarm

- » **Berücksichtigt neben der Energie auch die Energiequalität**
 - Unterschiede im Wert von Wärme und Strom können physikalisch bestimmt werden

- » **Macht alle Ressourcen physikalisch umfassend vergleichbar**
 - Wärme, Kälte, Strom und Stoffströme

- » **Berücksichtigt alle Verluste von der Ressource bis zur Nutzung**
 - Verhindert Externalisierung von Verlusten und "zu-kurz-Denken"

- » **Einheitliche Gesamtsystembetrachtung**
 - Vergleichbarkeit aller Systeme widerspruchsfrei und umfassend möglich
 - Integration von Suffizienz, Effizienz und **Nachnutzung (Energierecycling)**

1. **Energie - bis auf weiteres noch teilweise fossil**
2. **Treibhausgasarme Energie**
 - Zubau so schnell es Politik ermöglicht
 - Einsatz so viel wie die Netze erlauben
3. **Ressourcenverschwendung**
 - Erhöht den Bedarf an Energieressourcen
 - Dieser wird aufgrund von 2. vorrangig fossil gedeckt
 - Indirekte, schwer bestimmbare Treibhausgasemissionen entstehen
4. **REA macht Ressourcenverschwendung transparent**
 - macht Verschwendung und damit verknüpfte indirekte Emissionen reduzierbar

» Erneuerbare Energien

- Verschwendung wird auch bei treibhausgasarmen Technologien transparent

» Einsatz von Wasserstoff

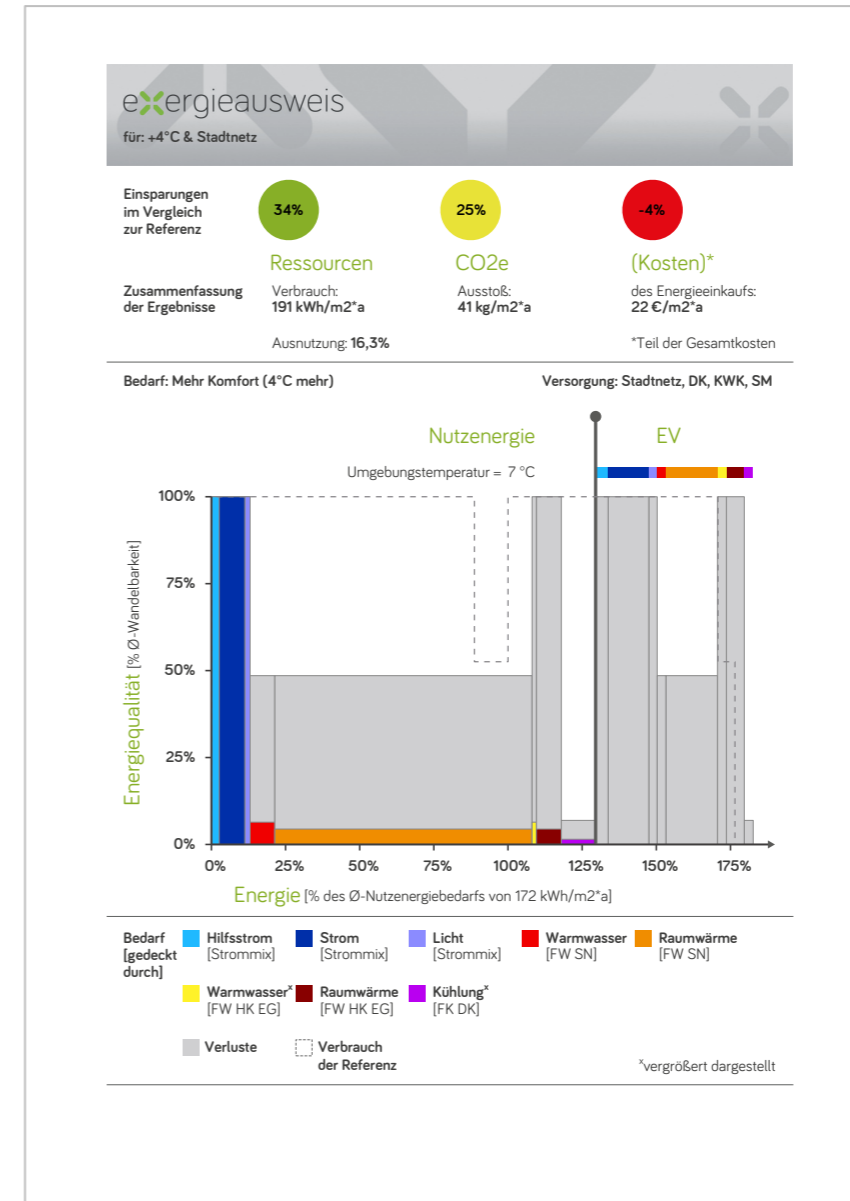
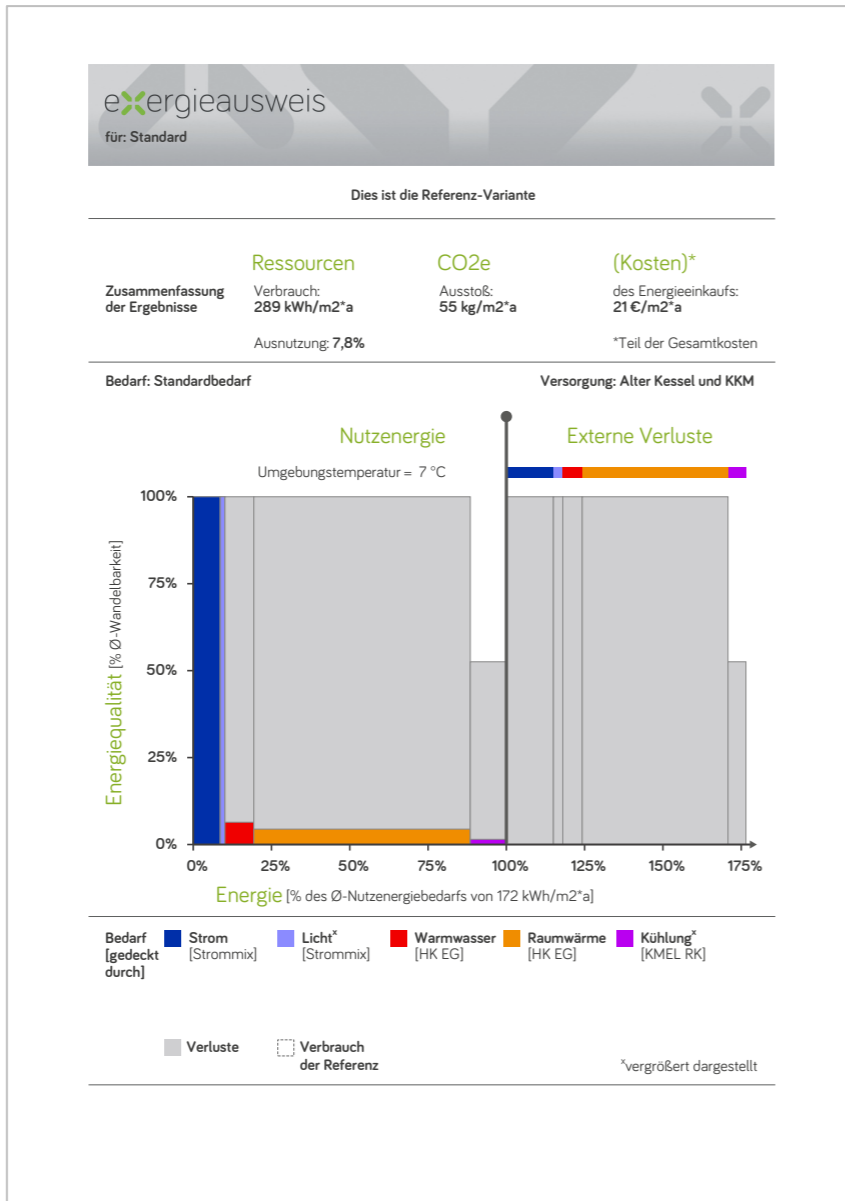
- Vorkette und hohe Energiequalität wird berücksichtigt

» Kraft-Wärme-Kopplung – fossil, nuklear und erneuerbar

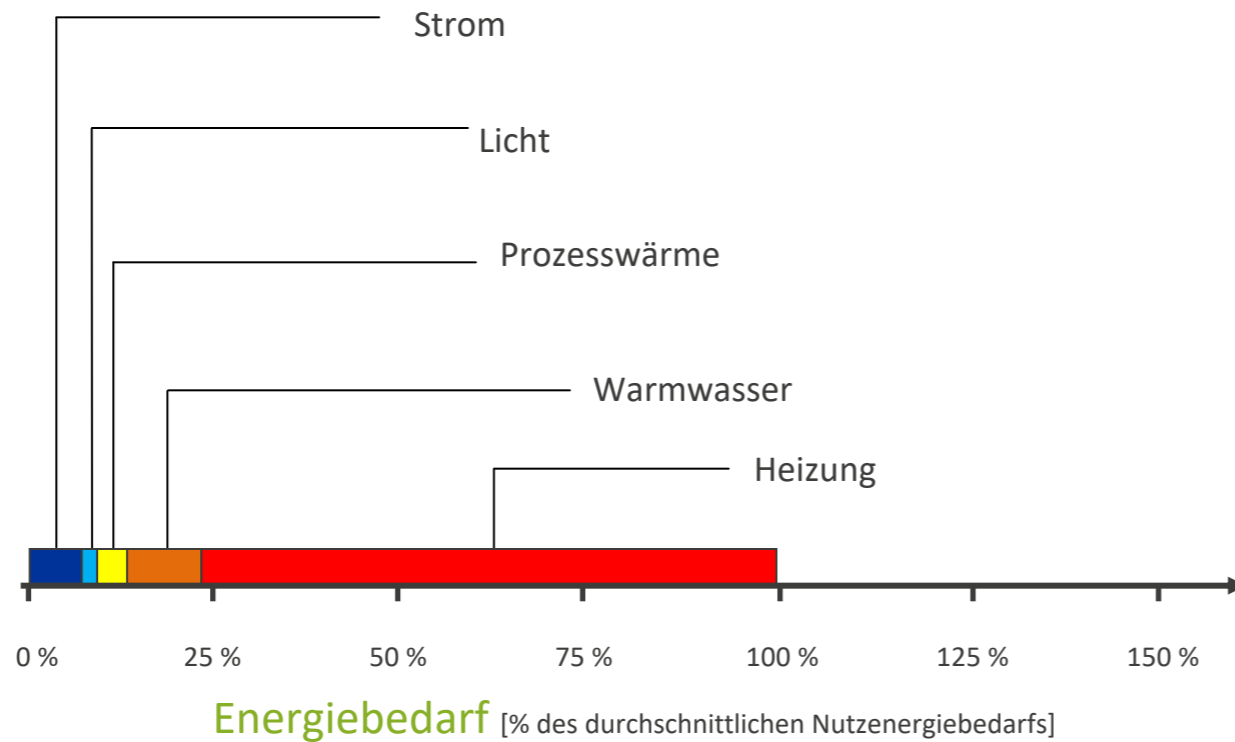
- Faire Allokation auf Strom und Wärme

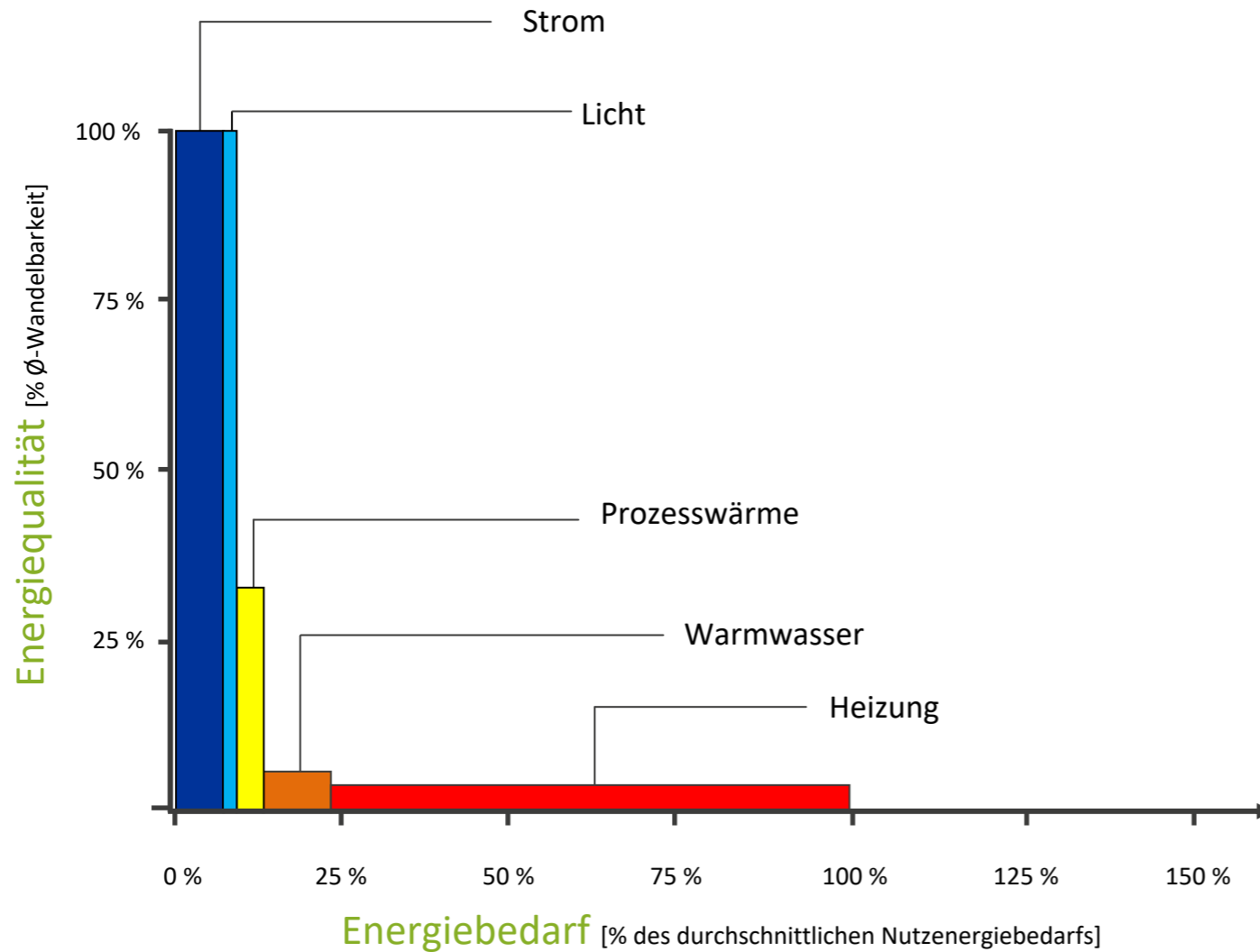
» Wärmepumpen / Großwärmepumpen

- Angemessene Berücksichtigung von Wärmequellen



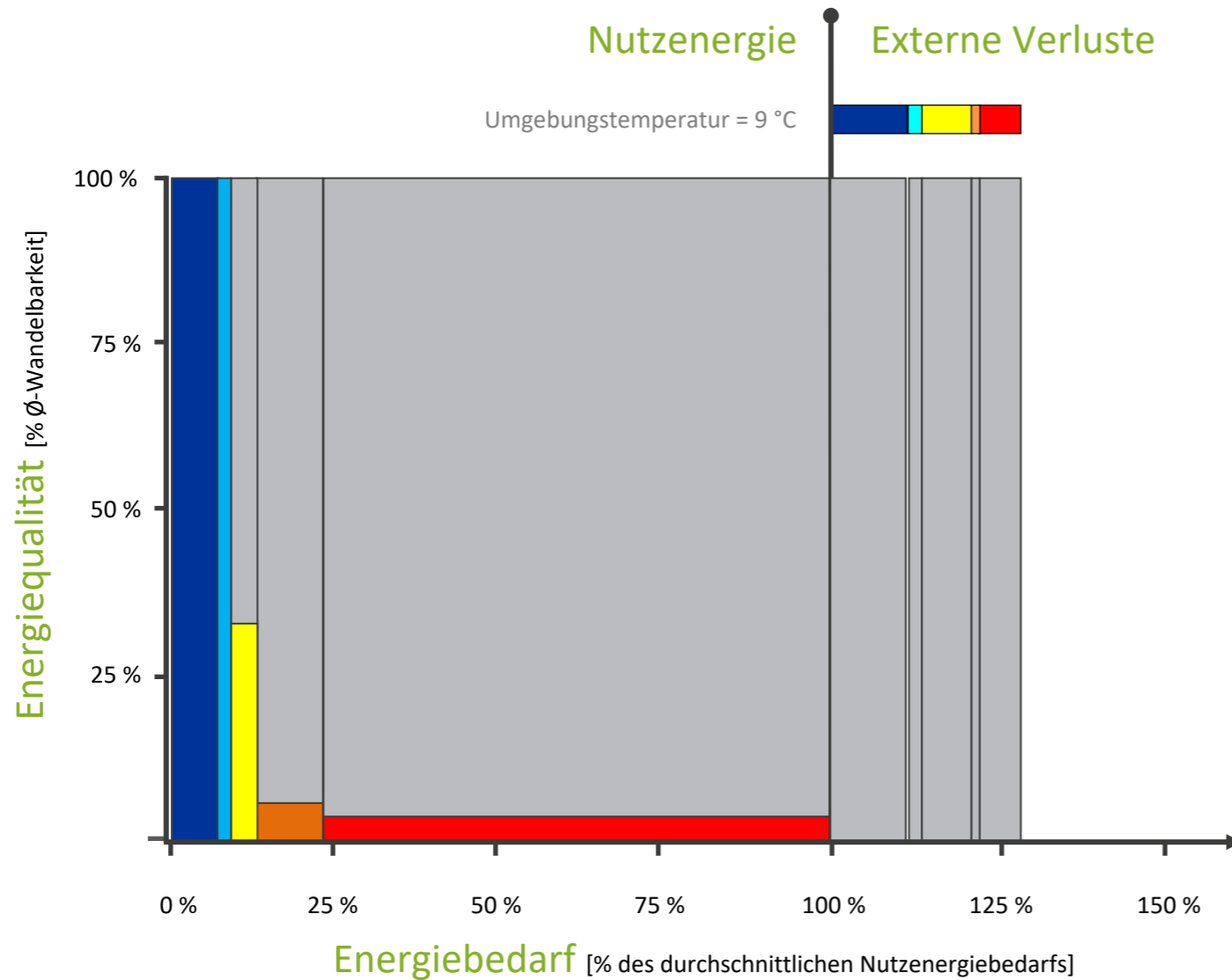
» **Größter Energiebedarf: Heizung**





- » **Wärme- und Stromexergiebedarf ähnlich**

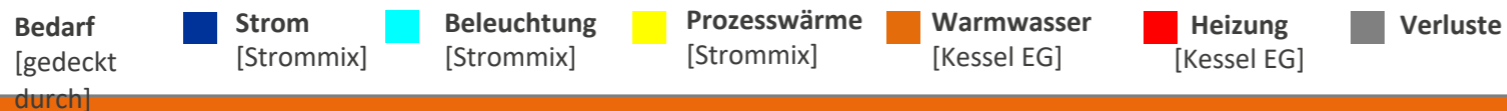
- » **Wärmebedarf hat sehr niedrige Energiequalität**

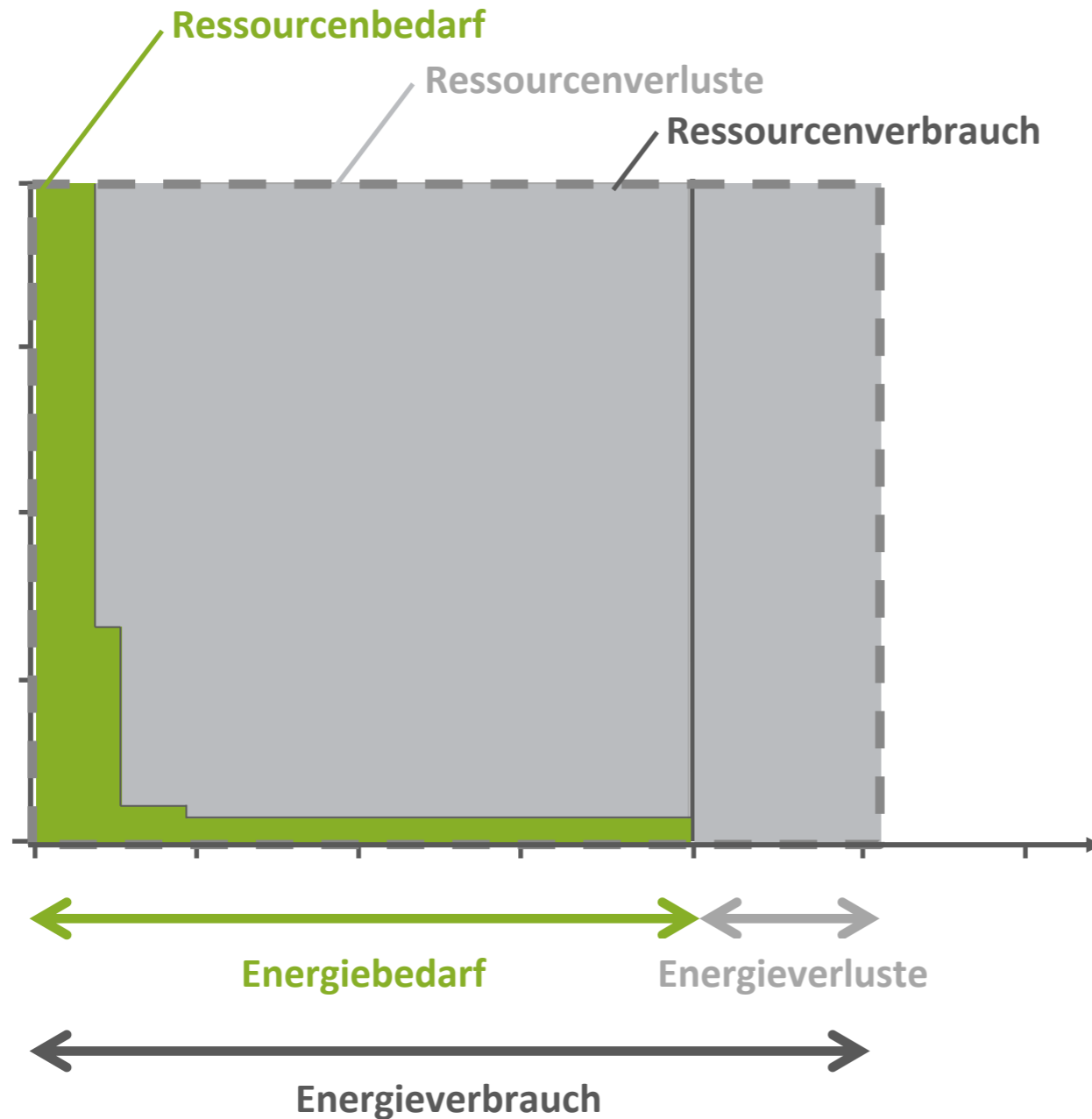


» **Sehr hohe Verluste beim Heizen aufgrund von unpassender Energiequalität**

» **Größte Verluste in diesem Fall:**

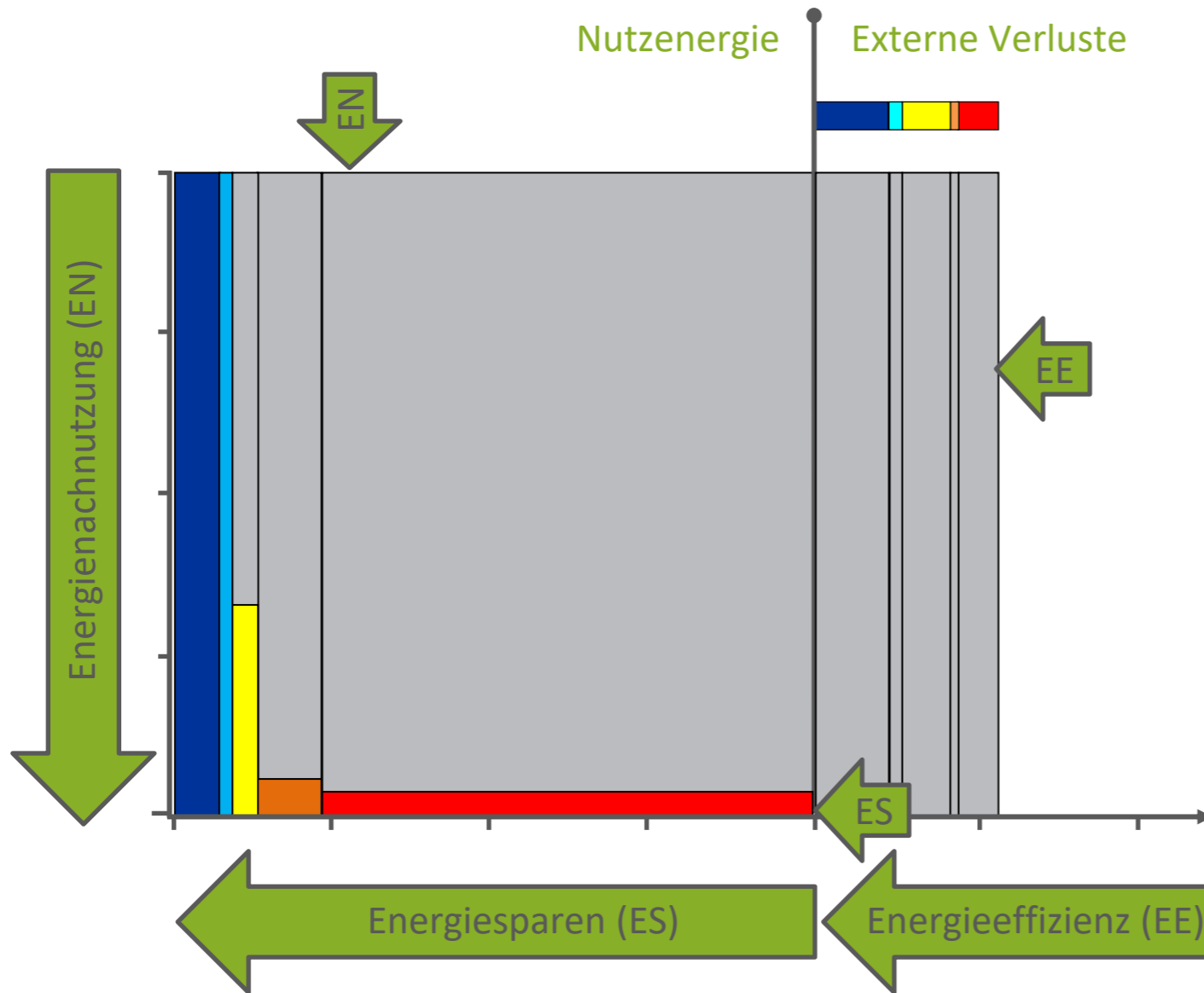
- Interne Verluste bei der Heizung
 - Unsichtbar mit Energieanalyse





- » **Verschiedene Kenngrößen werden visuell angezeigt**
 - So besser verständlich

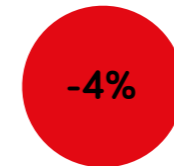
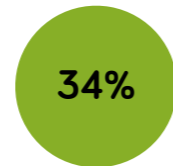
- » **Effizienz kann visuell abgeschätzt werden**



» Optimierungsrichtungen können direkt abgelesen werden



Einsparungen
im Vergleich
zur Referenz



Zusammenfassung
der Ergebnisse

Ressourcen

CO₂e

(Kosten)*

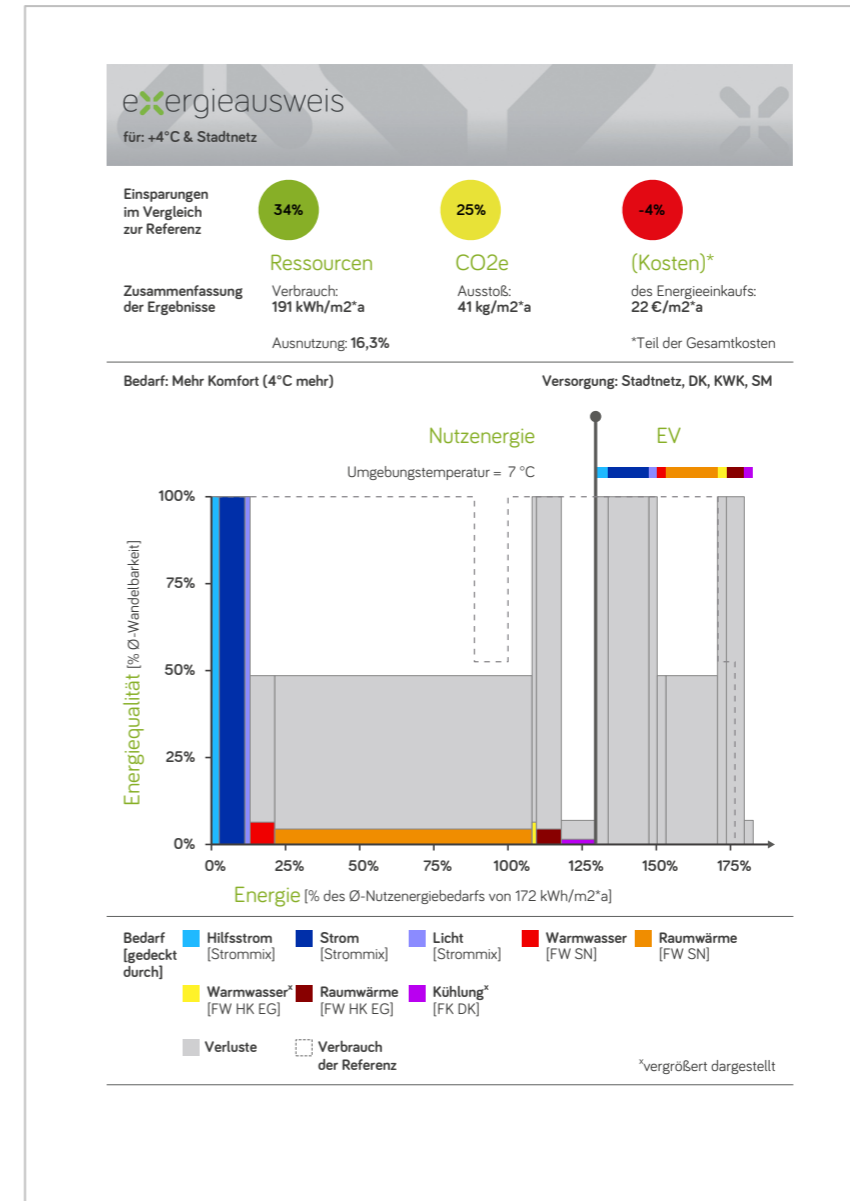
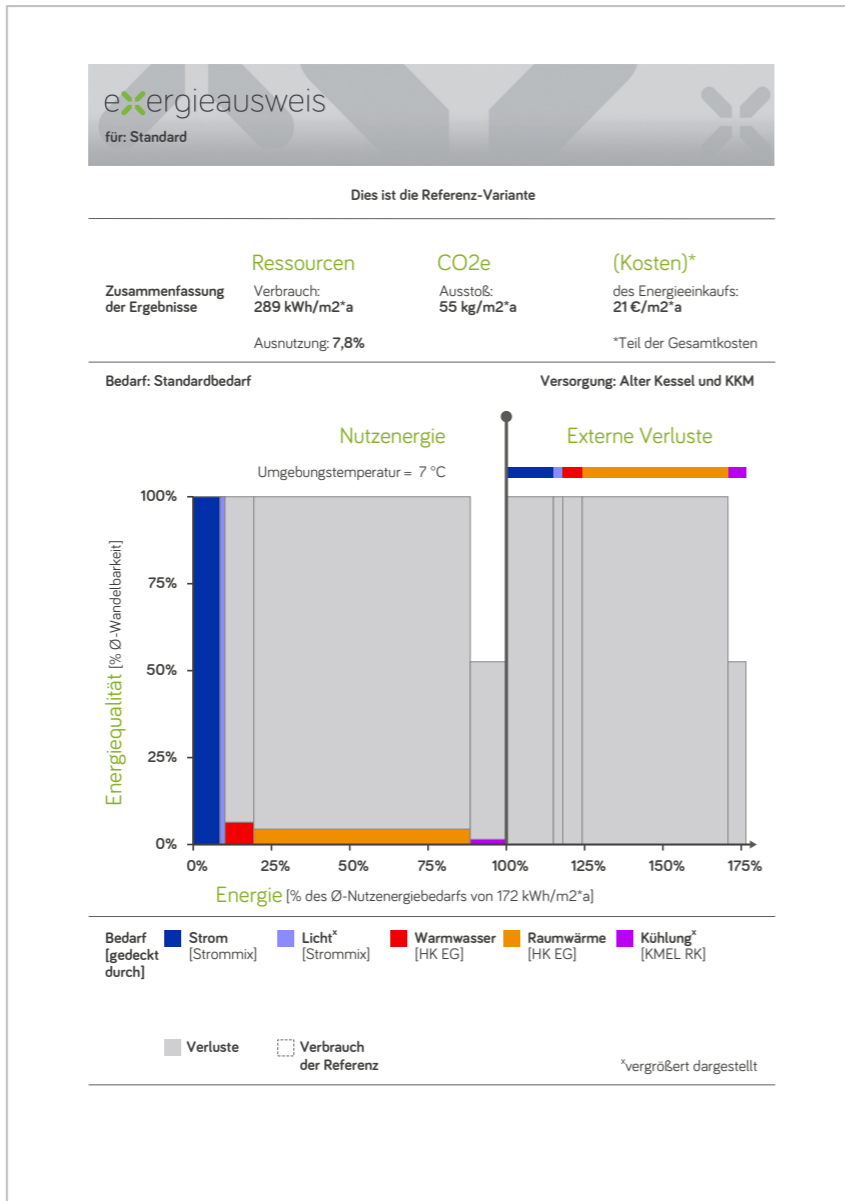
Verbrauch:
191 kWh/m²*a

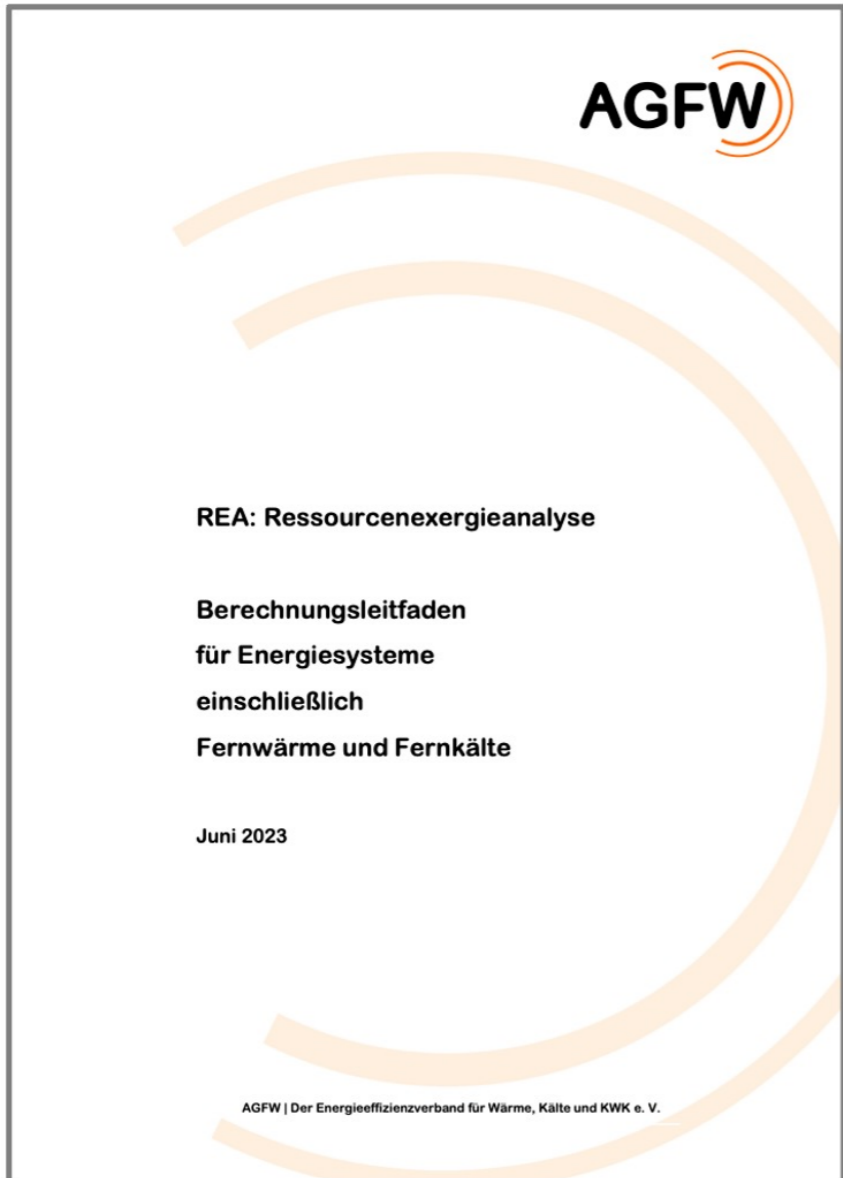
Ausstoß:
41 kg/m²*a

des Energieeinkaufs:
22 €/m²*a

Ausnutzung: **16,3%**

*Teil der Gesamtkosten





- » **REA einsetzen mit Hilfe des Berechnungsleitfadens**
 - vor Investitionsentscheidungen
 - in Forschungsprojekten

- » **Kontakt aufnehmen und Informationen erhalten**
 - Wie kommt man möglichst einfach an REA-Studien mit Exergieausweisen?

 - Wie kann man möglichst einfach und kostengünstig Transformationspläne und Wärmeplanungen mit REA unterstützen und qualitätssichern?

 - Wir arbeiten an Lösungen und informieren.

*Wärme- und Transformationspläne ohne wissenschaftliche
Prüfung sind wie ein Auto ohne TÜV -
man kann sich nicht darauf verlassen.*

darum fernwärme ...

denn sie ist stubenrein und hilft,
CO₂ zu vermeiden.

fernwärme 
rein ins haus.



www.fernwaerme-info.eu

...noch
Fragen?

Dr. Andrej Jentsch
Forschung und
Entwicklung
069 6304 291
a.jentsch@agfw.de