

Holz-WKK mit Kompressionswärmepumpe versus Holzheizkessel mit Absorptionswärmepumpe

Performance- und Kostenvergleich für feuchtes Energieholz

Dr.-Ing. Reinhold Spörl, Schmid Mawera Group

Einführung: Zwei Pfade zur Wärmebereitstellung aus feuchtem Holz

Welcher Pfad erzeugt aus derselben Menge feuchtem Holz mehr nutzbare Wärme – und welches System ist wirtschaftlich vorteilhafter?

Untersuchungsrahmen: Feuchtes Energieholz → zentrale Heizwärmeversorgung (VL/RL 85/55 °C) im einstelligen MW_{th}-Bereich → technischer und wirtschaftlicher Vergleich

Pfad A: Direkte, hocheffiziente Wärmenutzung



Holzheizwerk + aktive Abgaskondensation (aAGK) + Absorptionswärmepumpe (AWP)

Pfad B: Strom als Zwischenstufe



Holz-WKK (ORC) + Kompressionswärmepumpe (KWP)
(Untersuchter Fall: ohne zusätzliche Rauchgaskondensation)

Warum ORC als WKK-Vergleich für Anlagen im einstelligen MW_{th}-Bereich?

Holzvergaser:

- ▶ Hohe elektrische Wirkungsgrade mit trockenem Brennstoff;
- ▶ Bei feuchten Waldhackschnitzeln reduziert die notwendige Trocknung die Gesamtausnutzung deutlich.
- ▶ Gleichstrom-Vergaser-BHKW-Referenzfall im BFE-Technologiemonitoring erreicht mit M40 etwa **55 % Netto-Gesamtnutzungsgrad** (Strom + Wärme) [1].

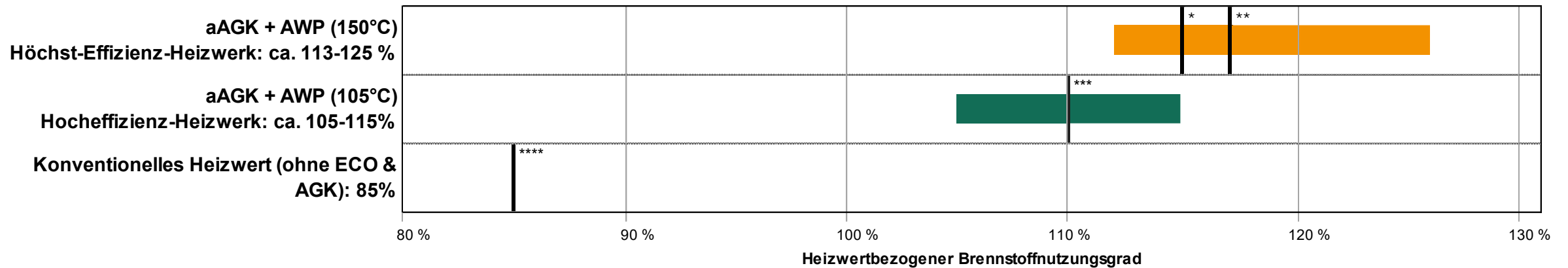
Gegendruck-Dampfturbinen <1 MW_{el}:

- ▶ Typischerweise etwa **10–12 % Netto-Stromwirkungsgrad** [12];
- ▶ Effizientere Konzepte überwiegend in grösseren Leistungsklassen.
- ▶ IEA/BIOS zum Einsatzbereich: **ORC bis 6 MW_{el}**; Dampfturbinen überwiegend **>2 MW_{el}** [4].

Abkürzungen: aAGK = aktive Abgaskondensation; AWP = Absorptionswärmepumpe; KWP = Kompressionswärmepumpe; WKK = Wärme-Kraft-Kopplung

Vergleichsanlage: Kondensierendes Heizwerk mit aktiver Abgaskondensation (aAGK)

- **Kenngrosse:** Brennstoffnutzungsgrad (heizwertbezogen): $f_Q = \text{Nutzwärme} / \text{Brennstoffleistung (H}_u\text{-bezogen)}$
- Meist wird mit konventionellen Heizwerken ohne AGK verglichen: Brennstoffnutzungsgrad $f_Q \approx 85\%$
In einem Grossteil der Wärmenetze sind die Rücklauftemperaturen zu hoch für die Kondensation (> ca. 50 °C).
- Mit (Absorptions-)Wärmepumpe (AWP) lässt sich die AGK deutlich unterhalb der Netzlücklauftemperatur betreiben.
- **Erkenntnis:** Moderne hocheffiziente Heizwerke mit aAGK erreichen **heizwertbezogene Nutzungsgrade $f_Q > 100\%$** .
(Heizwertbezogen impliziert, dass Werte über 100 % durch zusätzlich nutzbar gemachte Kondensationswärme möglich sind. Das entspricht der Brennwertechnik.)



* Auslegungsfall mit 150°C AWP und VL/RL 55°C/85°C, M45

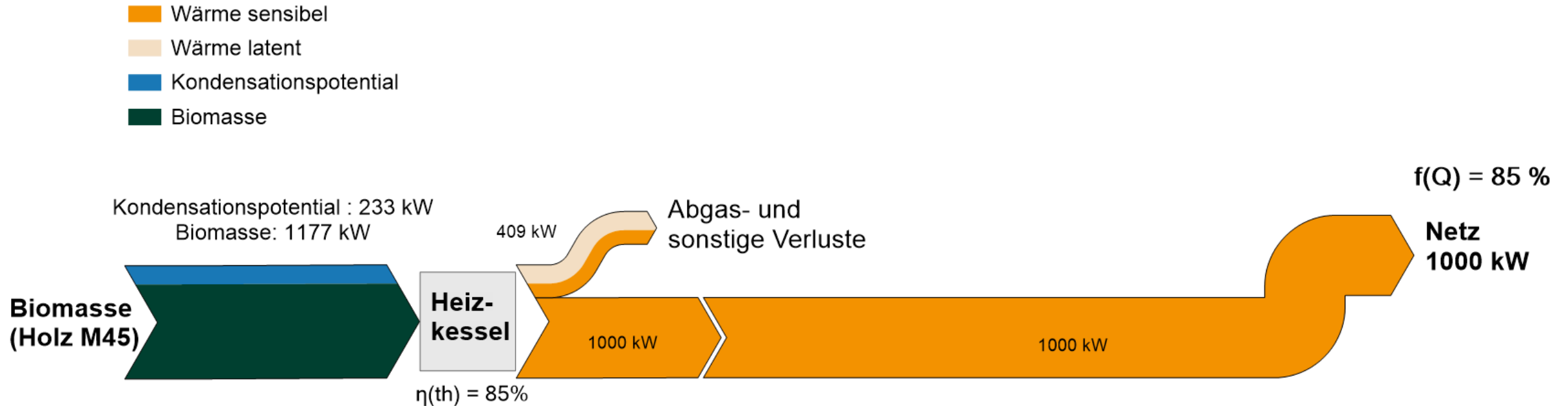
** Auslegungsfall mit 150°C AWP und VL/RL 50°C/95°C, M50

*** Typische Auslegung mit 105°C AWP und VL/RL 55°C/85°C, M50

**** Typischer Kesselwirkungsgrad in Studien des BFE und bei QM Holz: [1] BFE/Nussbaumer et al., 2025/2026, [2] QM Holzheizwerke, 2022, [3] BAFU/Nussbaumer, 2023

Fazit: WKK+KWP muss gegen hocheffizientes Heizwerk mit (aktiver) Abgaskondensation verglichen werden.

Herkömmliches Heizwerk mit Brennstoff-Nutzungsgrad f_Q von ca. 85 %

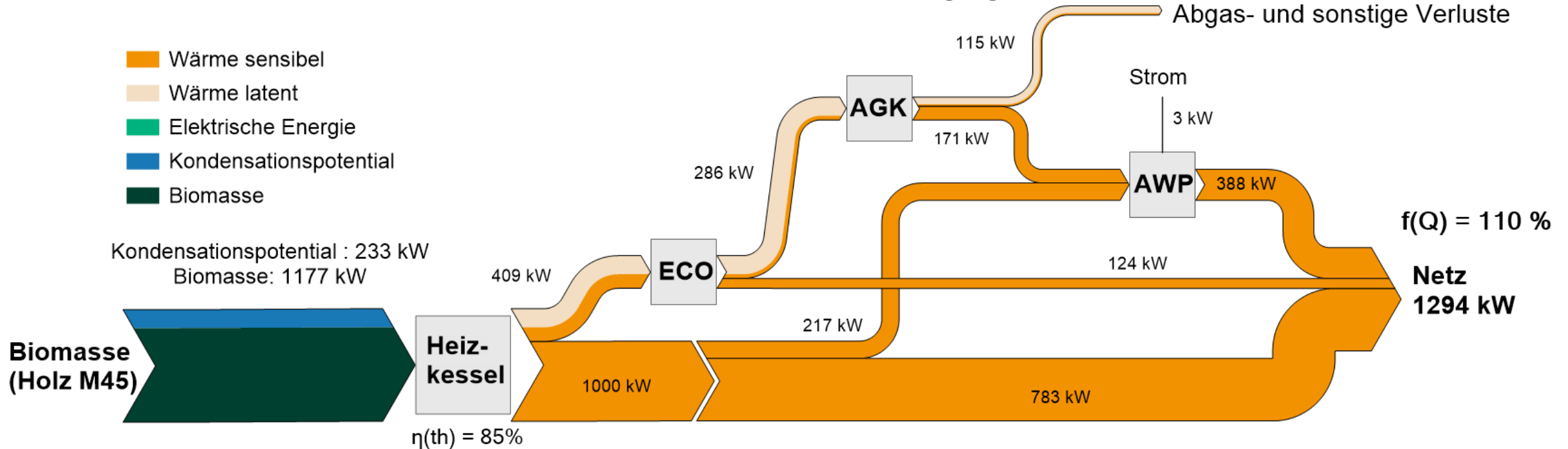


- ▶ **Herkömmliches Heizwerk (ohne ECO und AGK):**
Aus Brennstoffleistung von 1'177 kW (heizwertbezogen) werden ca. **1'000 kW Nutzwärme**.
- ▶ Brennstoff-Nutzungsgrad f_Q :

$$f_Q = \frac{\dot{Q}_{\text{Nutzwärme}}}{\dot{Q}_{\text{Brennstoff (heizwertbezogen)}}} = \frac{1000 \text{ kW}}{1177 \text{ kW}} = 85 \%$$

Hinweis: Annahme Netz-Rücklauf bei ca. 55 °C, daher keine passive Kondensation möglich

aAGK mit 105 °C AWP hebt den Brennstoff-Nutzungsgrad auf ca. 110 %

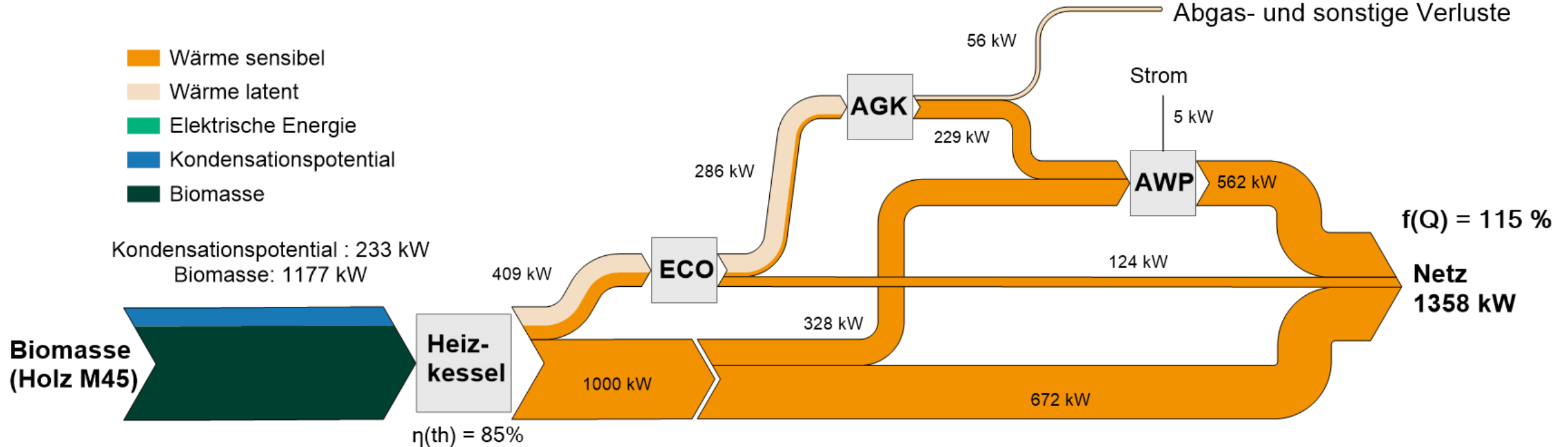


- Heizwerk mit **ECO, aAGK und 105 °C AWP**:
Aus Brennstoffleistung von 1'177 kW (heizwertbezogen) werden ca. **1'294 kW Nutzwärme**.
- Brennstoff-Nutzungsgrad f_Q :

$$f_Q = \frac{\dot{Q}_{\text{Nutzwärme}}}{\dot{Q}_{\text{Brennstoff (heizwertbezogen)}}} = \frac{1294 \text{ kW}}{1177 \text{ kW}} = 110 \%$$

Hinweise: Annahme Netz-Rücklauf bei ca. 55 °C; 105 °C AWP = Mit 105 °C Warmwasser angetriebene Absorptionswärmepumpe (AWP); AGK = Abgaskondensation

aAGK mit 150 °C AWP hebt den Brennstoff-Nutzungsgrad auf ca. 115 %



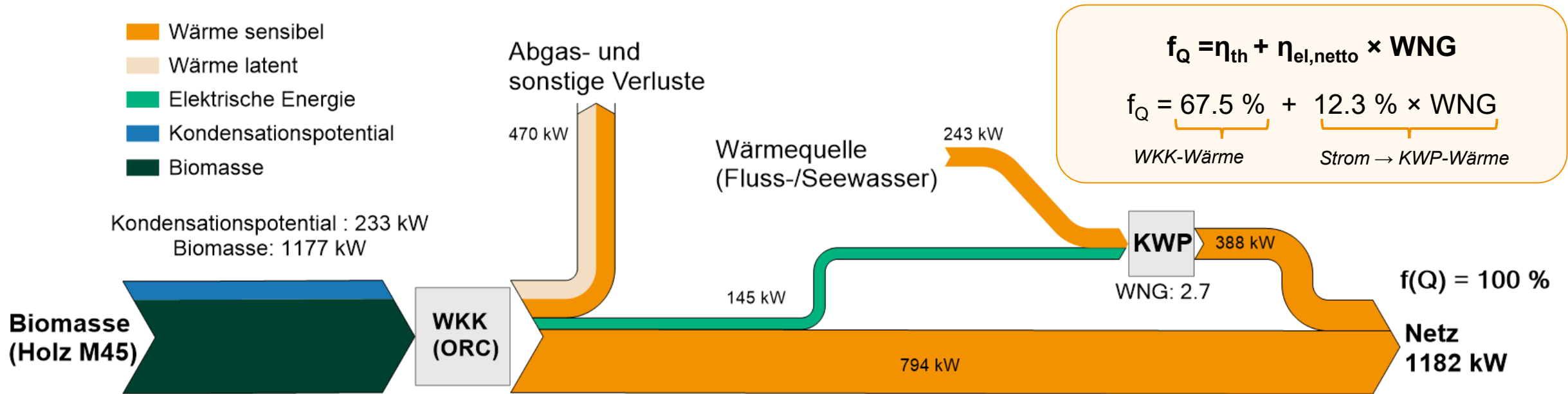
- Höhere AWP-Antriebstemperatur von 150 °C ermöglicht tiefere Kondensationstemperatur
- Mehrwärme gegenüber 105 °C AWP von ca. 60 kW entsteht ausschliesslich in der AGK.

- Heizwerk mit **ECO, aAGK und 150 °C AWP**:
Aus Brennstoffleistung von 1'177 kW (heizwertbezogen) werden ca. **1'353 kW Nutzwärme**.
- Brennstoff-Nutzungsgrad f_Q :

$$f_Q = \frac{\dot{Q}_{\text{Nutzwärme}}}{\dot{Q}_{\text{Brennstoff (heizwertbezogen)}}} = \frac{1353 \text{ kW}}{1177 \text{ kW}} = 115 \%$$

Hinweise: Annahme Netz-Rücklauf bei ca. 55 °C; 150 °C AWP = Mit 150 °C Heisswasser angetriebene Absorptionswärmepumpe (AWP); AGK = Abgaskondensation

WKK mit Kompressions-Wärmepumpe: Nettostrom erschliesst externe Quellwärme



KWP-Wärmenutzungsgrad:

$$WNG = \frac{\dot{Q}_{Nutzwärme}}{P_{el, Verdichter} + P_{el, Hilfsenergien}}$$

- Hilfsenergien: Ventilatoren, Pumpen, Abtauung
- Hier: WNG = 2.68 mit Quelltemp. 10 °C und Netztvorlauftemp. 85 °C

Für diese Studie abgeleitete ORC-Kenndaten auf Basis IEA/BIOS [4]:

Übertragung der Daten einer ca. 12-MW-Referenzanlage (Estland), auf die Systemgrenze dieser Studie :

- $\eta_{th} = 67.5 \%$ (Nennwert ohne AGK; für den Jahresvergleich angesetzt)
- $\eta_{el, netto} = 12.3 \%$ (Jahreswert)

WKK-Anlage (ORC) mit Stromnutzung in KWP:

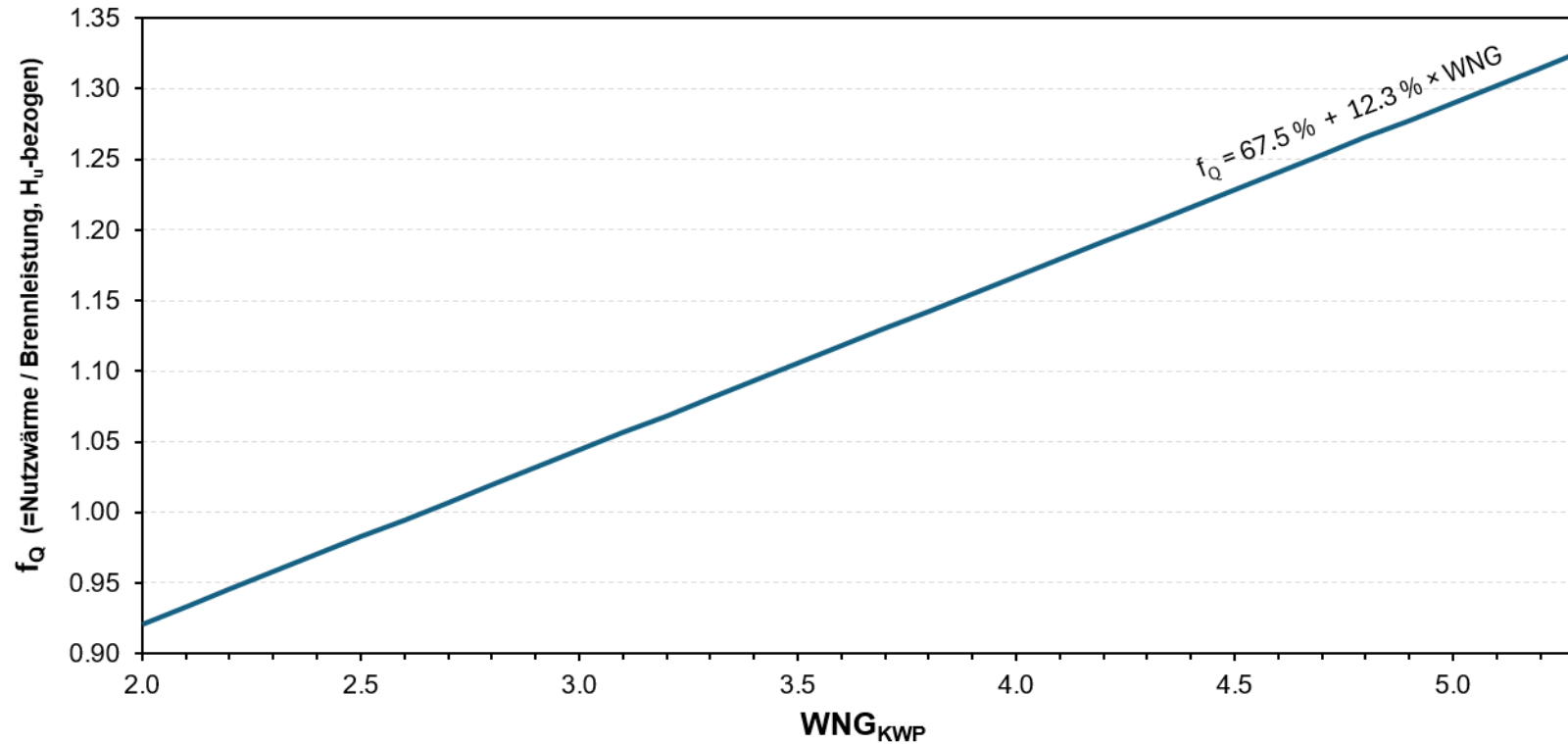
Aus Brennstoffleistung von 1'177 kW (heizwertbezogen) werden ca. **1'182 kW Nutzwärme**.

Brennstoff-Nutzungsgrad f_Q :

$$f_Q = \frac{\dot{Q}_{Nutzwärme}}{\dot{Q}_{Brennstoff \text{ (heizwertbezogen)}}} = \frac{1182 \text{ kW}}{1177 \text{ kW}} = 100 \%$$

ORC-Nettostrom erzeugt zusätzliche Nutzwärme bspw. aus Fluss-/Seewasser mittels KWP

Energetischer Break-even: Wie effizient muss die KWP sein?

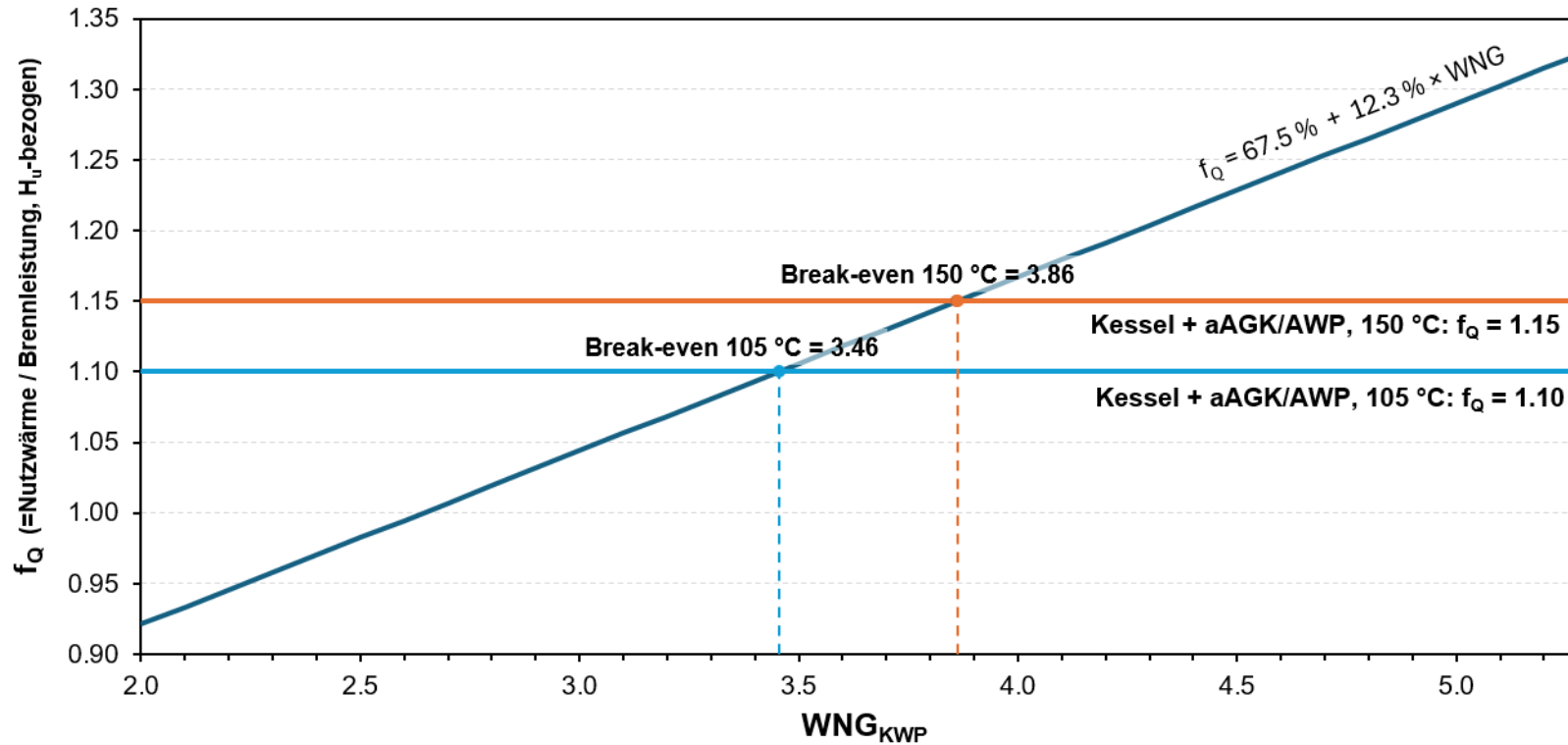


$$f_Q = \eta_{th} + \eta_{el,netto} \times WNG$$

$$f_Q = \underbrace{67.5\%}_{\text{WKK-Wärme}} + \underbrace{12.3\% \times WNG}_{\text{Strom} \rightarrow \text{KWP-Wärme}}$$

$$\text{mit } WNG = \frac{\dot{Q}_{Nutzwärme}}{P_{el,Verdichter} + P_{el,Hilfsenergien}}$$

Energetischer Break-even: Wie effizient muss die KWP sein?



$$f_Q = \eta_{th} + \eta_{el,netto} \times WNG$$

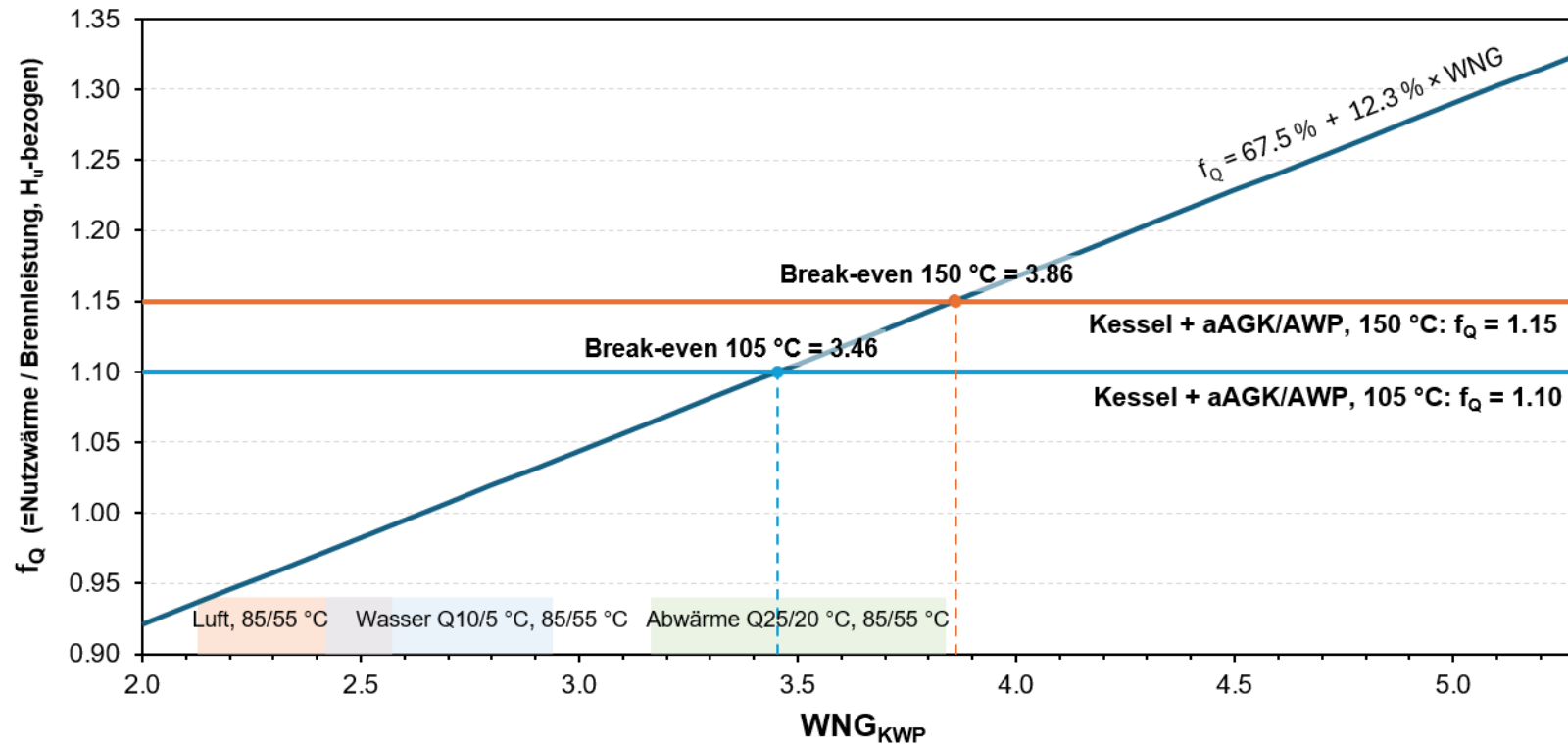
$$f_Q = \underbrace{67.5\%}_{WKK\text{-Wärme}} + \underbrace{12.3\% \times WNG}_{Strom \rightarrow KWP\text{-Wärme}}$$

$$\text{mit } WNG = \frac{\dot{Q}_{Nutzwärme}}{P_{el,Verdichter} + P_{el,Hilfsenergien}}$$

➤ Break-even **AWP 105 °C: WNG = 3.46:**

➤ Break-even **AWP 150 °C: WNG = 3.86**

Energetischer Break-even: Wie effizient muss die KWP sein?



Berechnete Vergleichsbänder WNG bei VL/RL 85/55 °C:

- Variation über **Lorenz-Gütegrad** $\eta_l = 45-55\%$
- **Inkl. Hilfsenergie:** 0.01 kWh_{el}/kWh_{th} für Ventilator bzw. Quellenhydraulik; Aussenluft zusätzlich temperaturabhängige **Abtauenergie** bis zu 0.03 kWh_{el}/kWh_{th}
- **Quellen:** Aussenluft - wärmebedarfsgewichtet für Zürich/Kloten, inkl. Abtauung; Wasser: 10→5 °C; Abwärme: 25→20 °C
- **Beachte:** Warme Abwärme ist nur vorteilhaft, wenn Temperatur, Leistung und Verfügbarkeit gesichert sind.

$$f_Q = \eta_{th} + \eta_{el,netto} \times WNG$$

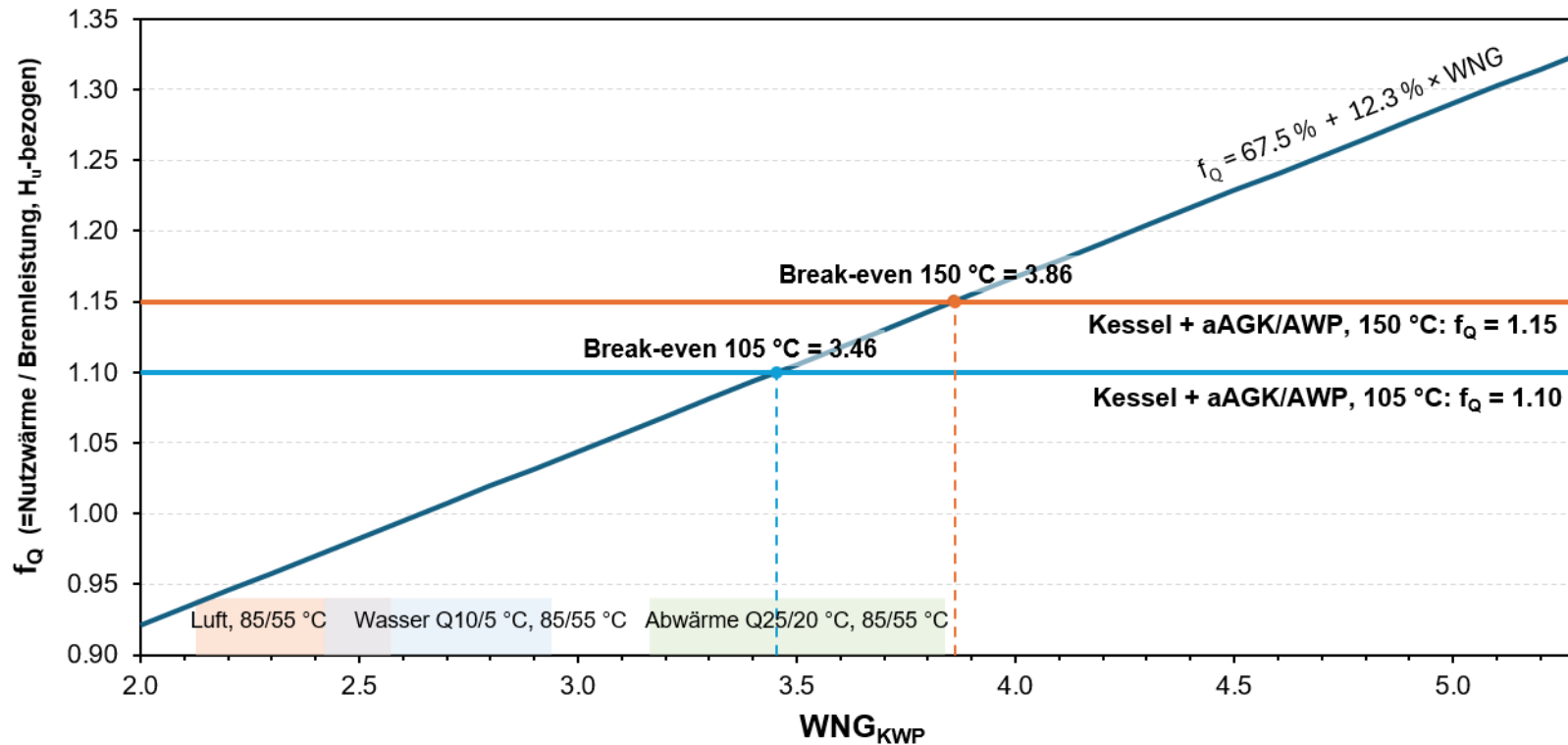
$$f_Q = \underbrace{67.5\%}_{\text{WKK-Wärme}} + \underbrace{12.3\% \times WNG}_{\text{Strom} \rightarrow \text{KWP-Wärme}}$$

$$\text{mit } WNG = \frac{\dot{Q}_{\text{Nutzwärme}}}{P_{el,Verdichter} + P_{el,Hilfsenergien}}$$

➤ Break-even **AWP 105 °C: WNG = 3.46:**

➤ Break-even **AWP 150 °C: WNG = 3.86**

Energetischer Break-even: Wie effizient muss die KWP sein?



Berechnete Vergleichsbänder WNG bei VL/RL 85/55 °C:

- Variation über **Lorenz-Gütegrad** $\eta_l = 45-55\%$
- Inkl. Hilfsenergie:** 0.01 kWh_{el}/kWh_{th} für Ventilator bzw. Quellenhydraulik; Aussenluft zusätzlich temperaturabhängige **Abtauenergie** bis zu 0.03 kWh_{el}/kWh_{th}
- Quellen:** Aussenluft - wärmebedarfsgewichtet für Zürich/Kloten, inkl. Abtauung; Wasser: 10→5 °C; Abwärme: 25→20 °C
- Beachte:** Warme Abwärme ist nur vorteilhaft, wenn Temperatur, Leistung und Verfügbarkeit gesichert sind.

$$f_Q = \eta_{th} + \eta_{el,netto} \times WNG$$

$$f_Q = \underbrace{67.5\%}_{WKK\text{-Wärme}} + \underbrace{12.3\% \times WNG}_{Strom \rightarrow KWP\text{-Wärme}}$$

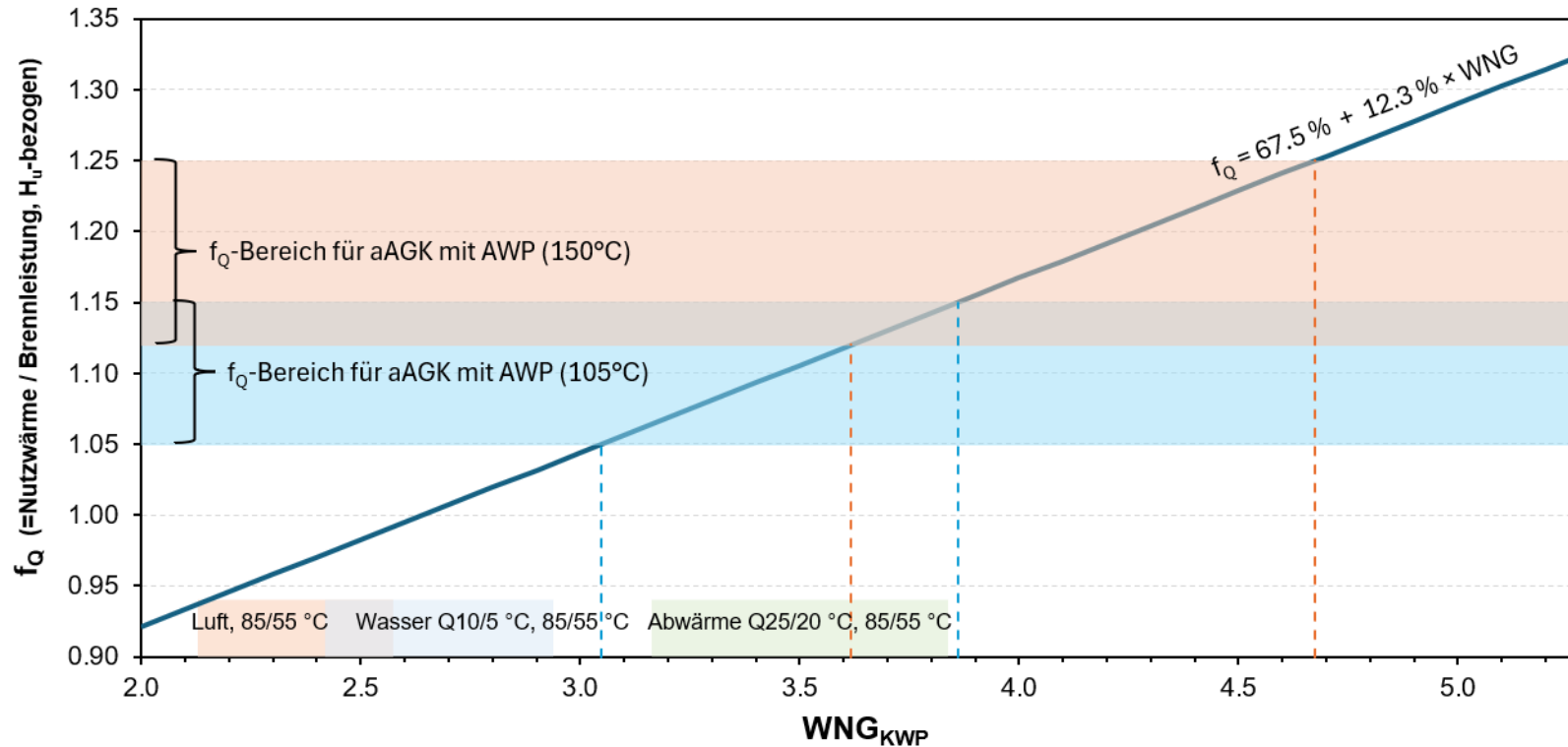
$$\text{mit } WNG = \frac{\dot{Q}_{Nutzwärme}}{P_{el,Verdichter} + P_{el,Hilfsenergien}}$$

Bei VL/RL 85/55 °C:

- Break-even **AWP 105 °C: WNG = 3.46:**
 - Luft/Wasser: Unter Break-even
 - Abwärme (25 °C): Break-even erreichbar
- Break-even **AWP 150 °C: WNG = 3.86**
 - Luft/Wasser: Klar unter Break-even
 - Abwärme (25 °C) knapp darunter

Hinweis: «Abwärme 25/20 °C» kann als Vergleichsfall für ORC+KWP+aAGK dienen (ausreichende aAGK-Leistung vorausgesetzt); zusätzliche aAGK-/Integrationskosten sind hierbei noch nicht berücksichtigt.

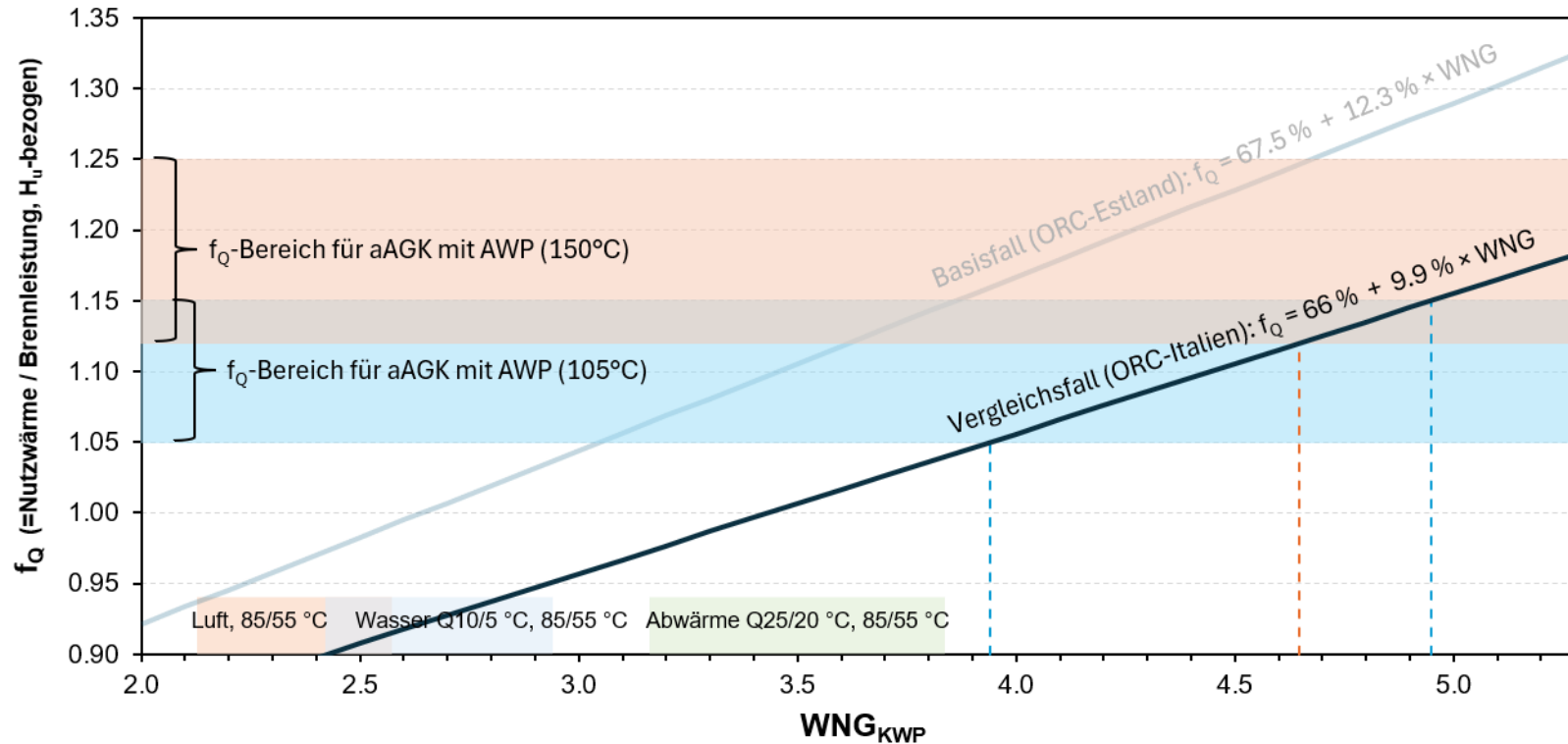
Energetischer Break-even: Wie robust ist das Ergebnis?



Variation der AWP-Nutzungsgrade f_Q bestätigt Kernaussage:

- **AWP 105 °C** mit $f_Q = 1.05 - 1.15$:
 - Break-even: $WNG = 3.05 - 3.86$
 - Luft/Wasser: Unter Break-even
 - Abwärme (25 °C): Break-even erreichbar
- **AWP 150 °C** mit $f_Q = 1.12 - 1.25$:
 - Break-even: $WNG = 3.62 - 4.67$
 - Luft/Wasser: Klar unter Break-even
 - Abwärme (25 °C): Break-even nur im unteren f_Q -Bereich erreichbar

Energetischer Break-even: Wie robust ist das Ergebnis?



Variation ORC-Referenz mit Daten von Prando et al., 2015 [13]:

- Italienische Anlage mit 5.8 MW Nutzleistung (Nennlast): $4.8 \text{ MW}_{th} + 1.0 \text{ MW}_{el,brutto}$
- Brennstoff: getrocknete Hackschnitzel M15–M25
- Gemessener Betriebspunkt bei 94 % Last: $\eta_{th} = 66.0 \%$, $\eta_{el,netto} = 9.9 \%$ (η bezogen auf Heizwert H_u)
- ORC-Kondensator: ca. 90/55 °C im Nennpunkt

$$f_Q = \eta_{th} + \eta_{el,netto} \times WNG$$

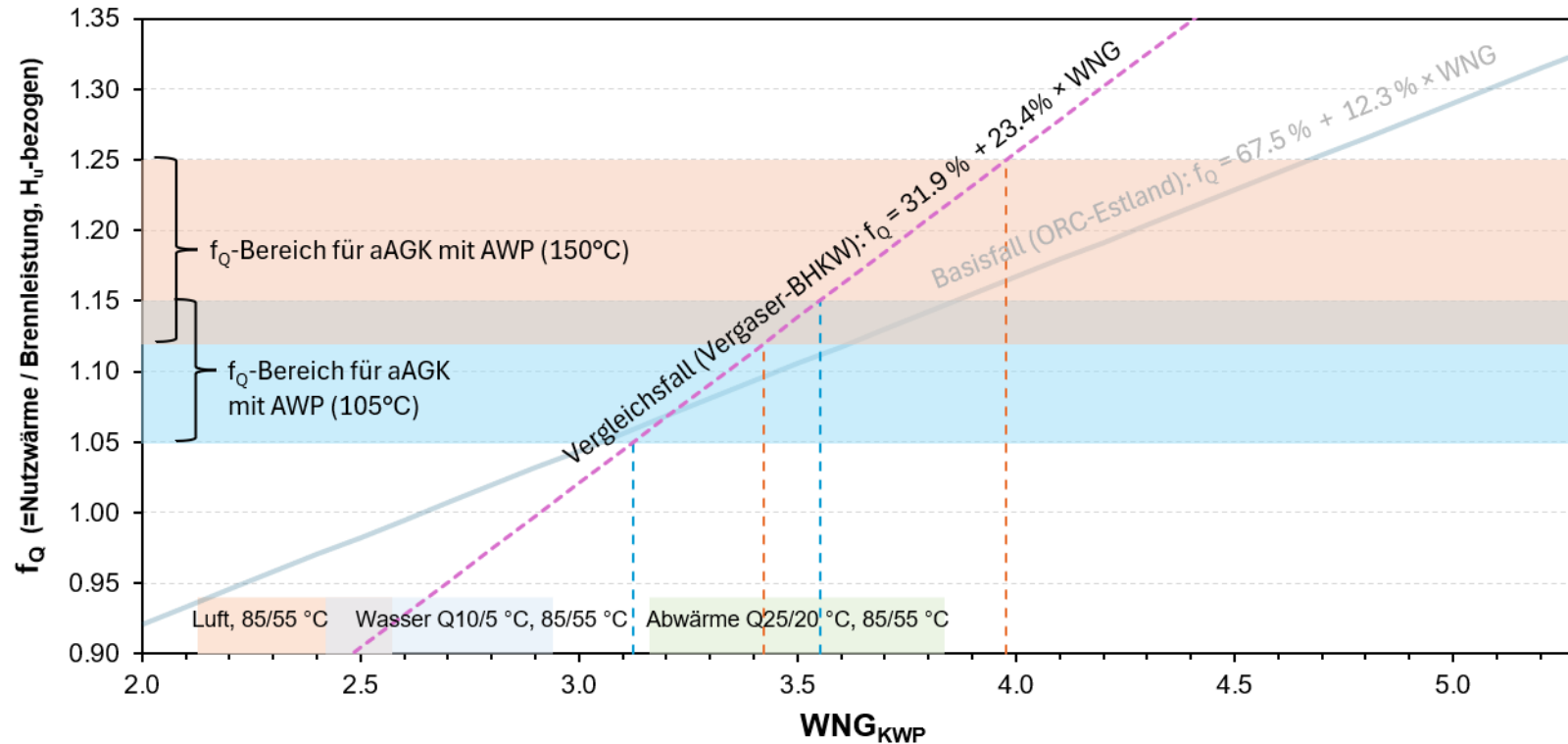
$$f_Q = \underbrace{66.0 \%}_{\text{WKK-Wärme}} + \underbrace{9.9 \% \times WNG}_{\text{Strom} \rightarrow \text{KWP-Wärme}}$$

$$\text{mit } WNG = \frac{\dot{Q}_{Nutzwärme}}{P_{el,Verdichter} + P_{el,Hilfsenergien}}$$

Variation der ORC-Referenzanlage bestätigt Kernaussage:

- **AWP 105 °C** mit $f_Q = 1.05 - 1.15$:
 - Break-even: $WNG = 3.94 - 4.95$
 - Luft/Wasser: Klar unter Break-even
 - Abwärme (25 °C): Unter Break-even
- **AWP 150 °C** mit $f_Q = 1.12 - 1.25$:
 - Break-even: $WNG = 4.65 - 5.96$
 - Alle Quellen Klar unter Break-even

Energetischer Break-even: Wie robust ist das Ergebnis?



Vergleichsfall mit Vergaser-BHKW (Daten von BFE/Nussbaumer et al., 2025/2026 [1]):

- Modellierter Fall (keine Messung) auf Basis Spanner Re2 HKA 35/50/70, 35/50/70 kW_{el} + 70/100/130 kW_{th}
- Waldhackschnitzel ≈ M40, inkl. technischer Trocknung auf M9
- Basiswerte: $\eta_{th,netto} = 31.9 \%$, $\eta_{el,netto} = 23.4 \%$, $\eta_{gesamt,netto} = 55.3 \%$ (η bezogen auf Heizwert H_u)

Der Stromanteil gewinnt mit steigendem WNG an Gewicht – der niedrige thermische Nutzungsgrad wirkt dem entgegen.

$$f_Q = \eta_{th} + \eta_{el,netto} \times WNG$$

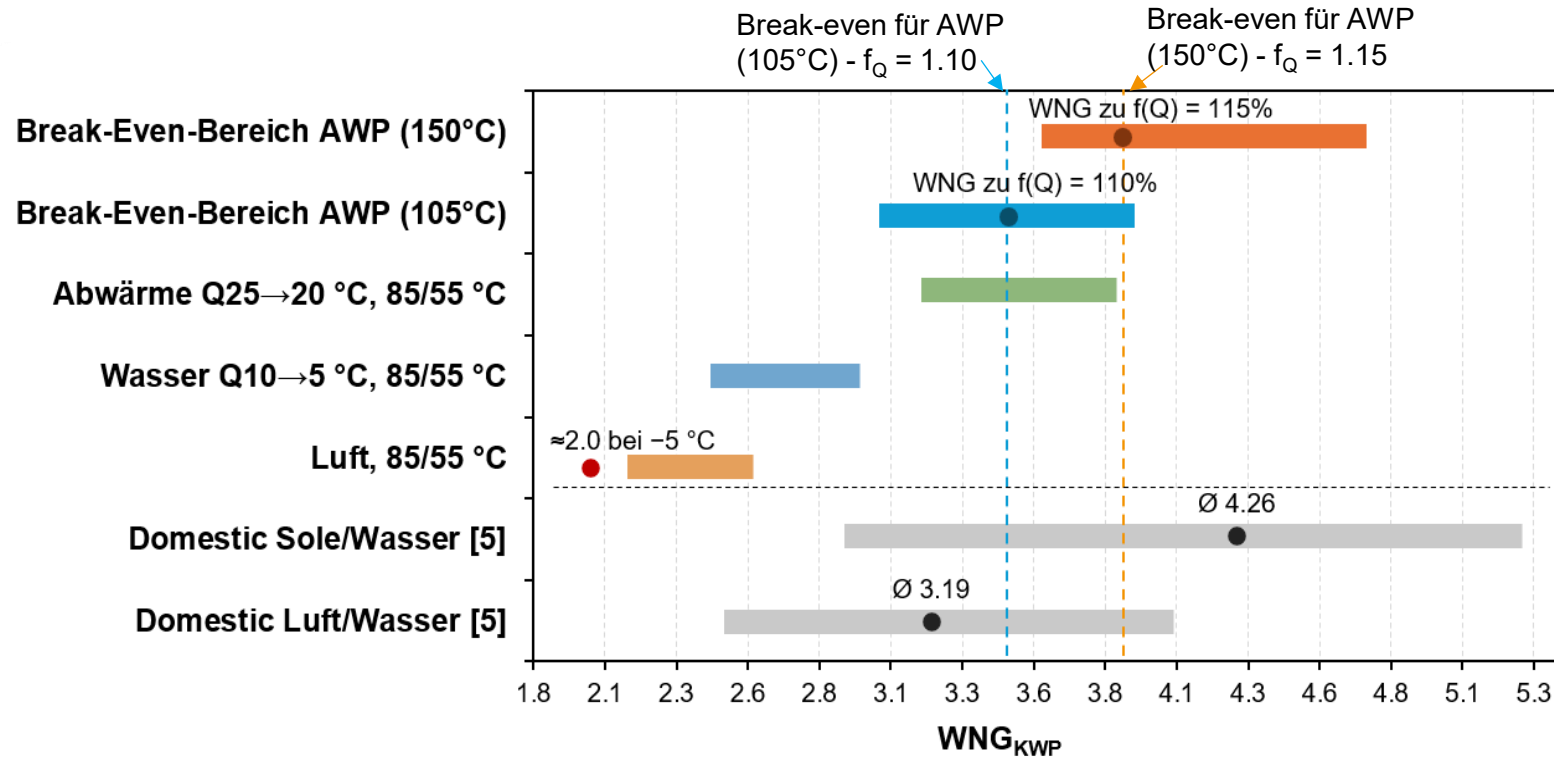
$$f_Q = \underbrace{31.9 \%}_{\text{WKK-Wärme}} + \underbrace{23.4 \% \times WNG}_{\text{Strom} \rightarrow \text{KWP-Wärme}}$$

$$\text{mit WNG} = \frac{\dot{Q}_{\text{Nutzwärme}}}{P_{el,Verdichter} + P_{el,Hilfsenergien}}$$

Vergaser-BHKW mit höherem Stromanteil verschiebt den Break-even:

- **AWP 105 °C** mit $f_Q = 1.05 - 1.15$:
 - Break-even: WNG = 3.12 - 3.55
 - Luft/Wasser: Unter Break-even
 - Abwärme (25 °C): Break-even erreichbar
- **AWP 150 °C** mit $f_Q = 1.12 - 1.25$:
 - Break-even: WNG = 3.42 - 3.98
 - Luft/Wasser: Klar unter Break-even
 - Abwärme (25 °C): teilweise im Break-even

Einordnung hoher WNG-Werte von Haushalts-KWP



Haushalt/Domestic-KWP - Feld-Jahreswerte des WNG [5]:

Luft/Wasser 2.47-4.04, Ø 3.19; Sole/Wasser 2.89-5.26, Ø 4.26; mittlere Vorläufe ca. 36 °C.

Berechnete Vergleichsbänder WNG bei VL/RL 85/55 °C:

- Variation über Lorenz-Gütegrad $\eta_1 = 45-55 \%$; Inkl. Hilfsenergie: 0.01 kWh_{el}/kWh_{th} für Ventilator bzw. Quellenhydraulik; Aussenluft zusätzlich temperaturabhängige Abtauenergie bis zu 0.03 kWh_{el}/kWh_{th}
- Quellen: Aussenluft - wärmebedarfsgewichtet für Zürich/Kloten (zusätzlich Beispielfall: Luft-WNG bei -5 °C), inkl. Abtauung; Wasser: 10→5 °C; Abwärme: 25→20 °C

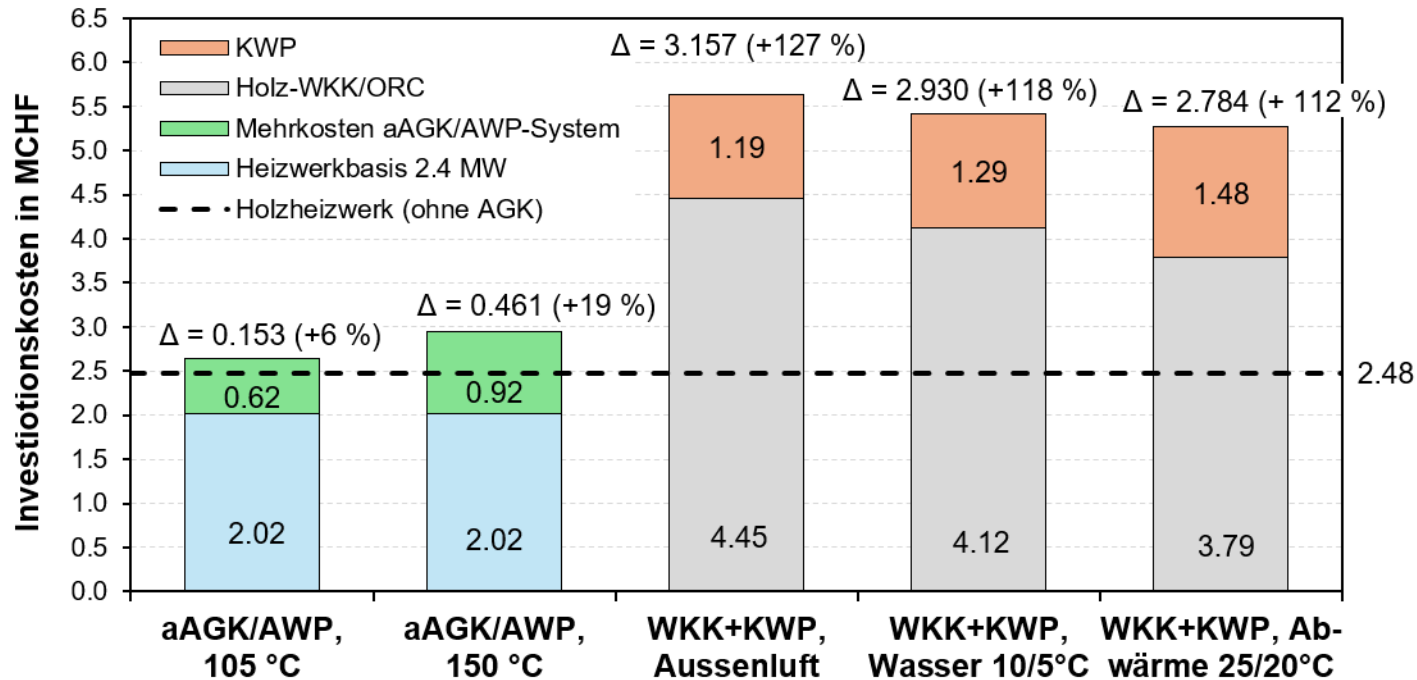
Jahres-WNG von Domestic-KWP sind keine geeignete Vergleichsbasis für diese Studie:

- Domestic-WNG sind wegen deutlich tieferer Heiztemperaturen (bspw. Ø-VL ≈ 36 °C in [5]) nicht auf 85/55 °C übertragbar.
- In Kälteperioden sinkt der WNG: **Kältere Quelle + höhere erforderliche Vorlauf-temperatur → Winter-WNG < Jahres-WNG**

Stromsystemperspektive

- WKK-Nettostrom** kann bilanziell dem Strombedarf dezentraler KWP gegenübergestellt werden, der bei Wärmeversorgung durch ein Heizwerk entfällt.
- Netzeinspeisung des WKK-Stroms:** Bewertung mit repräsentativer Winterperformance des installierten KWP-Bestands, nicht mit Best-Case-Jahres-KWP.
- Winterstrom:** systemisch besonders wertvoll – gerade in Kälteperioden jedoch niedrigerer KWP-WNG und höherer Strombedarf.

Vergleich der Investitionskosten bei gleicher Nutzwärmeleistung



Investitionskosten:

- Im modellierten Vergleich ist **WKK + KWP** deutlich investitionsintensiver: **+112 bis +127 %** gegenüber konventionellem Heizwerk gleicher Nutzwärmeleistung
- **aAGK/AWP** dagegen nur **+6 % bzw. +19 %** gegenüber dem Referenzheizwerk
- **aAGK/AWP: Höhere Brennstoffausnutzung reduziert erforderliche Kesselleistung** und kompensiert damit einen Teil der aAGK/AWP-Mehrkosten
(hier: 2.4 MW Kessel für 3.1 MW Nutzwärme)

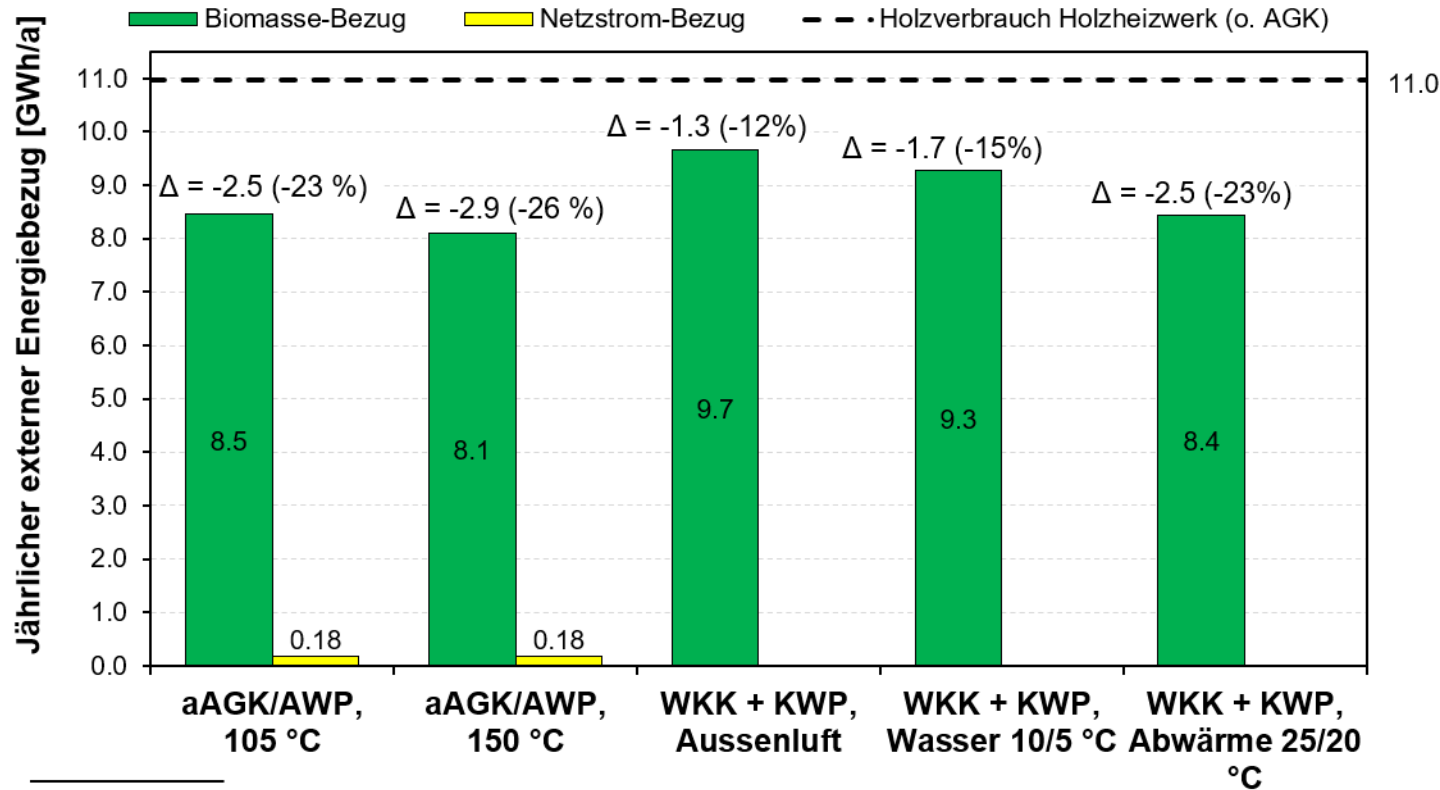
Δ: Mehrinvestition in MCHF / % ggü. konventionellem Heizwerk gleicher Nutzwärmeleistung

Mehrkosten aAGK/AWP-System: ECO, aAGK & AWP; bei 150 °C inkl. Mehrkosten Heisswasserausführung

Hinweise:

- Vereinfachte Kostenabschätzung auf Basis skalierten Referenzkosten; keine Angebotskalkulation.
- Investitionskosten Anlagentechnik inkl. anteiliger Gebäude-/Integrationskosten, exkl. Grundstück; Preisstand CHF 04/2025.
- KWP-CAPEX ohne projektspezifische Kosten zur Erschliessung externer Wasser-/Abwärmequellen.
- Ergebnisse robust gegenüber den untersuchten CAPEX-Annahmen (siehe Back-Up).
- Nutzwärmeleistung für alle Systeme: 3.1 MW (entspricht einem 2.4 MW Heizkessel mit aAGK und 105 °C AWP mit $f_Q = 1.10$)

Brennstoff- und Netzstrombedarf bei gleicher Nutzwärmeleistung



Δ: Differenz Holzverbrauch gegenüber konventionellem Holzheizwerk

Vergleichsbasis:

- 3.1 MW Nutzwärme (VL/RL: 85/55 °C);
- VBH = 3.000 h/a;
- Brennstoffenergie (heizwertbezogen; M45)

Energiebedarf:

- Alle untersuchten Systeme benötigen **weniger Biomasse** als das konventionelle Heizwerk ohne aAGK
- **WKK + KWP mit Aussenluft oder Wasser benötigt mehr Biomasse als aAGK/AWP** – besonders ausgeprägt bei Aussenluft
- Nur Abwärme (25 °C) erreicht in etwa Brennstoffparität zu aAGK/AWP 105 °C.
- Externer Netzstrombezug bleibt in aAGK/AWP-Fällen gegenüber dem Biomassebedarf klein.

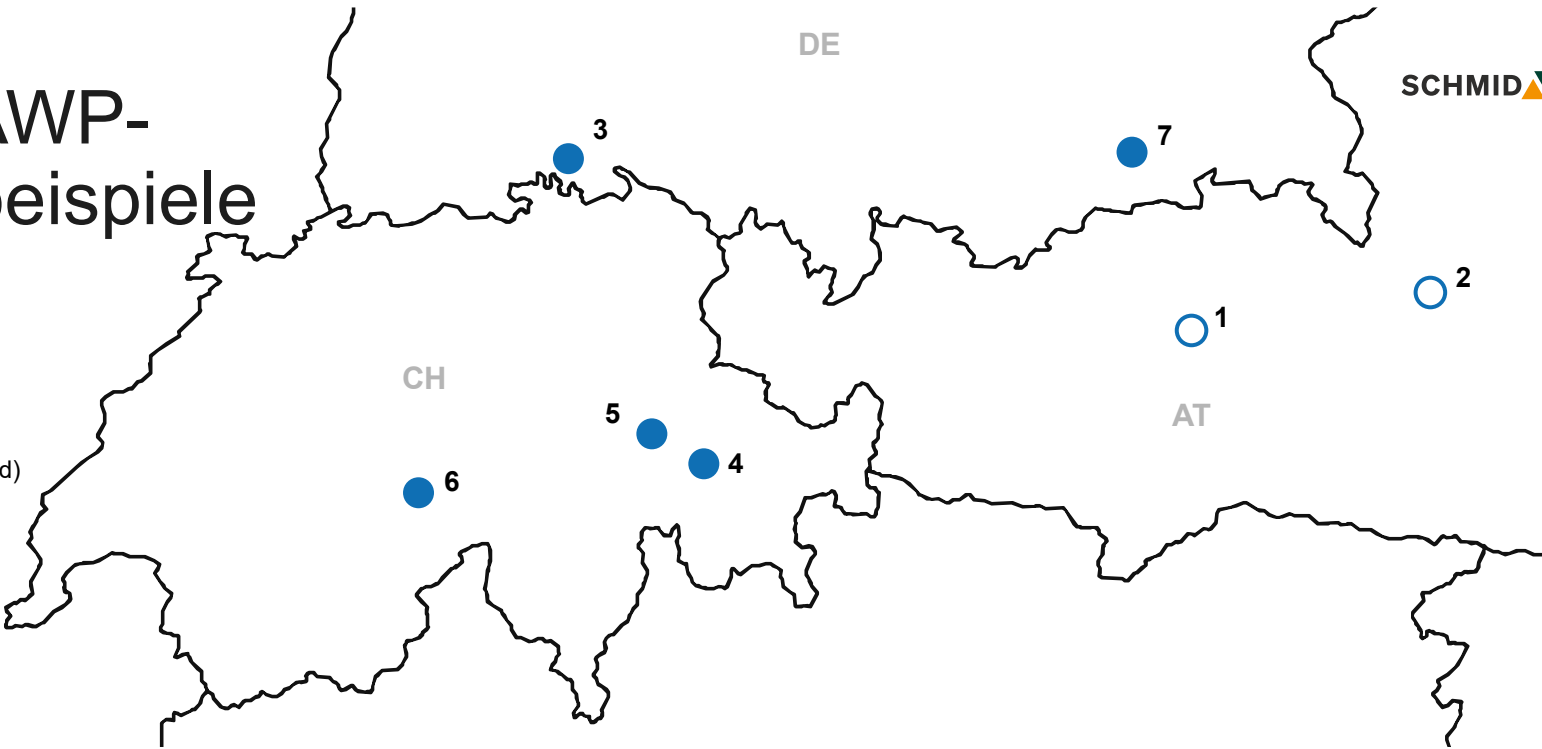
Hinweise:

- Stromverbrauch aller für Wärmeerzeugung erforderlichen Verbraucher enthalten; Biomasse als Brennstoffenergie heizwertbezogen
- WKK+KWP: KWP-Strom wird bilanziell durch ORC-Nettostrom gedeckt, daher externer Netzstrombezug = 0 (Hinweis: technischer Stromverbrauch ≠ 0)
- Keine zeitaufgelöste Jahressimulation: Jahresäquivalente Bilanz; zeitliche Last-/Temperaturverläufe, Wirkungsgrade, Stromdeckung und Leistungsspitzen nicht abgebildet.

Ausgewählte aAGK/AWP-Anlagen und Projektbeispiele

Referenztyp

- externe Referenz (StepsAhead)
- eigenes Projekt (SMG)



ID	Wärmeleistung Biomassekessel	Wärmeleistung Heizwerk inkl. aAGK/AWP	Mehrleistung ECO/aAGK/AWP (Auslegung im Nennbetrieb)	AWP-Typ	Details
1	4.00 MW (3 MW + 1 MW)	5.18 MW	+1.18 MW / +30 %	105 °C	Erste Heizsaison 2023/24: 26.2 % zusätzlich gewonnene Wärme durch aAGK + ECO [9, 10]
2	Gesamt ca. 5 MW	6.7 MW	+1.70 MW / +34 %	150 °C	Punktuelle Kundenmessung 12/2020: bis zu 49 % zusätzlich gewonnene Wärme durch aAGK + ECO [9]
3	3.30 MW (0.9 MW + 2.4 MW)	4.25 MW	+0.95 MW / +29 %	105 °C	
4	4.80 MW (2 x 2.4 MW)	5.83 MW	+1.03 MW / +21 %	105 °C	
5	3.60 MW (1.2 MW + 2.4 MW)	4.65 MW	+1.05 MW / +29 %	105 °C	
6	6.20 MW (2.4 MW + 3.8 MW)	7.38 MW	+1.18 MW / +19 %	105 °C	Erweiterung: 2.4-MW-Bestandskessel + neuer 3.8-MW-Kessel mit aAGK und AWP für beide Kessel.
7	3.20 MW	4.01 MW	+0.81 MW / +25 %	105 °C	

Zusammenfassung

Bei Wärmenetzen mit VL/RL 85/55 °C setzt das hocheffiziente Heizwerk mit aAGK den Benchmark:

- **aAGK/AWP reduziert den Biomassebedarf deutlich** (in den berechneten Fällen: ca. 23 bzw. 26 %) gegenüber einem konventionellen Heizwerk – bei nur **geringer Mehrinvestition** (hier: +6 bis +19 %).
- **105 °C aAGK/AWP wird bereits in mehreren Projekten umgesetzt.** 150 °C AWP bietet weiteres Effizienzpotenzial; höherer Betreiberaufwand hemmt die Umsetzung – **Gezielte Förderung könnte zusätzliche Effizienzgewinne erschliessen.**
- **WKK+KWP ist energetisch nur mit hochwertiger Wärmequelle (25 °C) konkurrenzfähig:** Systeme mit Luft- und Wasserquelle bleiben unter dem Benchmark; warme, gesicherte Abwärme ermöglicht etwa Parität zum 105 °C aAGK/AWP-System.
- **Im modellierten Vergleich ist WKK+KWP deutlich investitionsintensiver:** +112 bis +127 % gegenüber dem konventionellen Heizwerk.
- **Grosses Nachrüstpotenzial:** Aktive Abgaskondensation mit AWP (und grundsätzlich auch KWP) ermöglicht Kondensationsnutzung trotz hoher Rücklauftemperaturen auch bei Bestandsanlagen.

Fazit:

- ▶ **aAGK/AWP** erschliesst bei feuchtem Holz ein **grosses Effizienz- und Biomasseeinsparpotenzial** – im Neubau wie in der Nachrüstung.
- ▶ Bei üblichen Luft- und Wasserquellen ist **aAGK/AWP** in den betrachteten Konfigurationen gegenüber WKK+KWP **energetisch und wirtschaftlich überlegen.**

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

- **Kontakt für kommerzielle Anfragen:**

Stephan Tanner (Leitung Vertrieb Schweiz)

Hörnlistrasse 12 | 8360 Eschlikon | Schweiz

+41 79 459 03 04 | stephan.tanner@schmid-energy.ch

- **Kontakte für technische Fragen zu aAGK- und AWP-Systemen:**

Dr. Reinhold Spörl (Leiter Produkt und Innovationsmanagement)

Hörnlistrasse 12 | 8360 Eschlikon | Schweiz

+41 71 973 74 21 | reinhold.spoerl@schmid-energy.ch

Dr. Max Weidmann (zuständiger Produktmanager)

Hörnlistrasse 12 | 8360 Eschlikon | Schweiz

+41 71 973 74 07 | max.weidmann@schmid-energy.ch

Literatur/Quellen

- [1]** Nussbaumer, T.; Schildhauer, T.; Bauer, C. (Hrsg.) (2025/2026): Biomass conversion: gasification, methanation, and pyrolysis – Technology monitoring. BFE/PSI/Verenum.
- [2]** Good, J.; Thalmann, S.; Nussbaumer, T. et al. (2022): QM Holzheizwerke – Planungshandbuch. Band 4, 3. Auflage. Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke / QM Thermische Netze.
- [3]** Nussbaumer, T. (2023): Verwertungspfade Holzenergie – Ressourceneffizienz verschiedener Verwertungspfade zur Nutzung von Energieholz. Verenum AG / Hochschule Luzern, im Auftrag des BAFU.
- [4]** IEA Bioenergy Task 32 / BIOS (2015): Techno-economic evaluation of decentralised CHP with steam turbine and ORC.
- [5]** BFE/OST (2023): Feldmessungen von Wärmepumpen-Anlagen, Heizsaison 2022/23.
- [6]** Danish Energy Agency (2026): Technology Data for Generation of Electricity and District Heating.
- [7]** Eurostat (2025): Preisindizes / Inflationsdatenbank für Preisnormalisierung.
- [8]** European Central Bank (ECB) (2025): Euro foreign exchange reference rates.
- [9]** STEPSAHEAD Energiesysteme GmbH (2026): Referenzen / Absorption heat pumps for biomass boilers.
- [10]** EUROSOLAR AUSTRIA (2024): Österreichischer Solarpreis 2024 – Biomasseheizwerk Gerlos.
- [11]** Holzenergie Schweiz (2026): Preisindex Schnitzel, Ausgabe Januar 2026.
- [12]** IEA Bioenergy Task 32 (Biomass Combustion) (2026): Power generation and cogeneration: <https://task32.ieabioenergy.com/overview/power-generation-cogeneration/> (Abruf: August 2026)
- [13]** Prando, D.; Renzi, M.; Gasparella, A.; Baratieri, M. (2015): Monitoring of the energy performance of a district heating CHP plant based on biomass boiler and ORC generator. Applied Thermal Engineering 79, 98–107. DOI: 10.1016/j.applthermaleng.2014.12.063.