



Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Prof. Oschatz – Prof. Hartmann – Dr. Winiewska – Prof. Werdin

Kurzstudie zur Definition von kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$ für Wärmepumpe und Wärmerückgewinnung

Juni 2025

Auftraggeber: getAir GmbH

Auftragnehmer: ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Christine Knaus, Prof. Dr.-Ing. Thomas Hartmann

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	3
2	Hintergrund und Zielstellung	5
3	Grundlagen	6
3.1	Leistungszahl COP und Arbeitszahl SCOP für Wärmepumpen	6
3.2	Äquivalente Leistungszahl $COP_{\dot{a}q}$ und Äquivalente Arbeitszahl $SCOP_{\dot{a}q}$ für Wohnungslüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung	6
3.3	Vergleich der Kennwerte COP und $COP_{\dot{a}q}$	6
4	Berechnung von kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$	8
4.1	Randbedingungen und Ziele	8
4.2	Berechnungsansatz	8
4.3	Umsetzung auf Basis DIN V 18599	9
4.4	Beispiel	10

1 Kurzfassung

Um die Wärmerückgewinnung mit Wärmeübertragern leichter vergleichbar mit Wärmepumpen zu machen, ist es möglich, für Wärmeübertrager vergleichbare Kennwerte wie für Wärmepumpen zu definieren. Dabei wird ein Verhältnis von Nutzen zu Aufwand beschrieben, woraus sich äquivalente Leistungs- und Arbeitszahlen der Wärmerückgewinnung ableiten lassen.

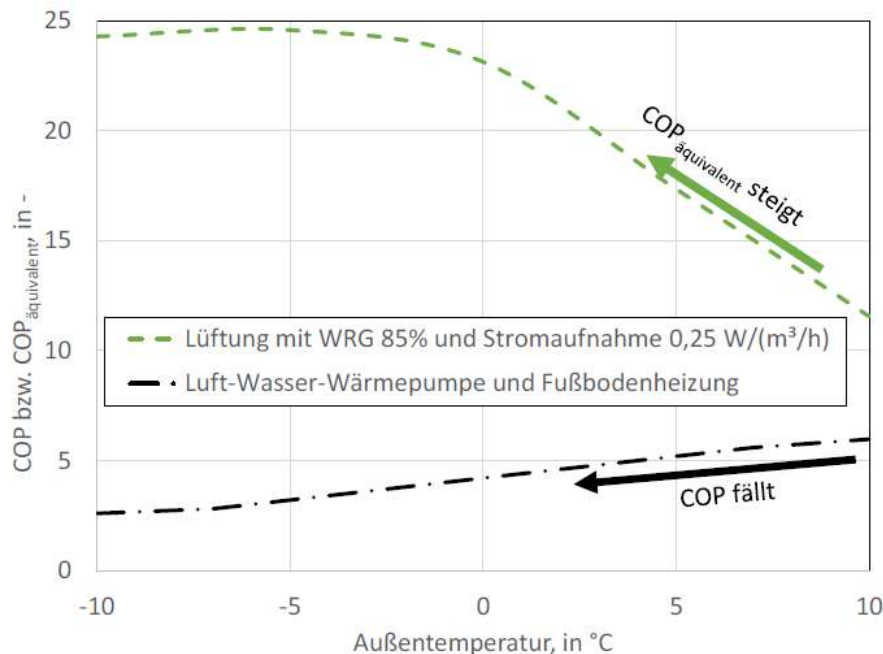


Abbildung 1: Vergleich von äquivalenten WRG-Leistungszahlen $COP_{\text{äq}}$ und WP-Leistungszahlen COP

Nach Abbildung 1 werden die höchsten äquivalenten Leistungszahlen $COP_{\text{äq}}$ der Lüftung mit Wärmerückgewinnung bei niedrigen Außentemperaturen erreicht, was sie zu einem natürlichen Komplementärsystem von Wärmepumpen macht, da die Leistungszahlen von Wärmepumpen COP mit niedrigeren Außentemperaturen sinken.

In einem nächsten Schritt liegt es nahe, einen Systemkennwert für eine kombinierte Bewertung von Wärmepumpen und Wärmerückgewinnung einzuführen, um die Effizienz der elektrischen Wärmeversorgung von Gebäuden insgesamt bewerten zu können. Ein solcher Systemkennwert kann den Lückenschluss zwischen spezifischen Prüf- bzw. Standardkennwerten einerseits und einer primärenergetischen oder THG-bezogenen Gesamtbewertung andererseits ermöglichen. Für eine einfache und praxisorientierte Anwendung dieses neuen Ansatzes ist das Andocken an bereits vorhandene Algorithmen aus der Normenreihe DIN V 18599 sinnvoll.

Arbeitszahl Wärmepumpe $SCOP_{gen,t}$ Äquivalente Arbeitszahl Wärmerückgewinnung $SCOP_{äq}$ Kombinierte Arbeitszahl:

$$SCOP_{total} = \frac{\text{Wärmemenge Wärmepumpe } Q_{WP} + \text{Wärmemenge Wärmeübertrager } Q_{WRG}}{\text{elektrische Arbeit Wärmepumpe } W_V + \text{elektrische Arbeit Ventilatoren } W_{fan}}$$

Der Gültigkeitsbereich der kombinierten Arbeitszahl $SCOP_{total}$ kann wie folgt definiert werden:

- Kombination eines Wohnungslüftungssystems mit Wärmerückgewinnung mit einem beliebigen elektrischen Heizsystem möglich
- für Bilanzierungsebenen Endenergie, Primärenergie und THG-Emissionen gleichermaßen gültig
- Systeme zur ausschließlichen Heizung sowie zur gemeinsamen Heizung und Trinkwassererwärmung bilanzierbar
- neben Arbeitszahlen auch kombinierte Leistungszahlen darstellbar
- Ansatz sinngemäß auch für elektrische Kühlsysteme anwendbar

Ein Beispiel mit fiktiven Werten zeigt die Anwendung des Prinzips der kombinierten Arbeitszahlen (Abbildung 4). Die Wärmerückgewinnung wirkt gleichzeitig als „Systembooster“ (Erhöhung der Jahresarbeitszahl um ca. 15% bzw. um ca. 0,6 von 4,4 auf 5,0) und als „Systemstabilisator“ (Erhöhung der Monatsarbeitszahlen auch in den kalten Wintermonaten).

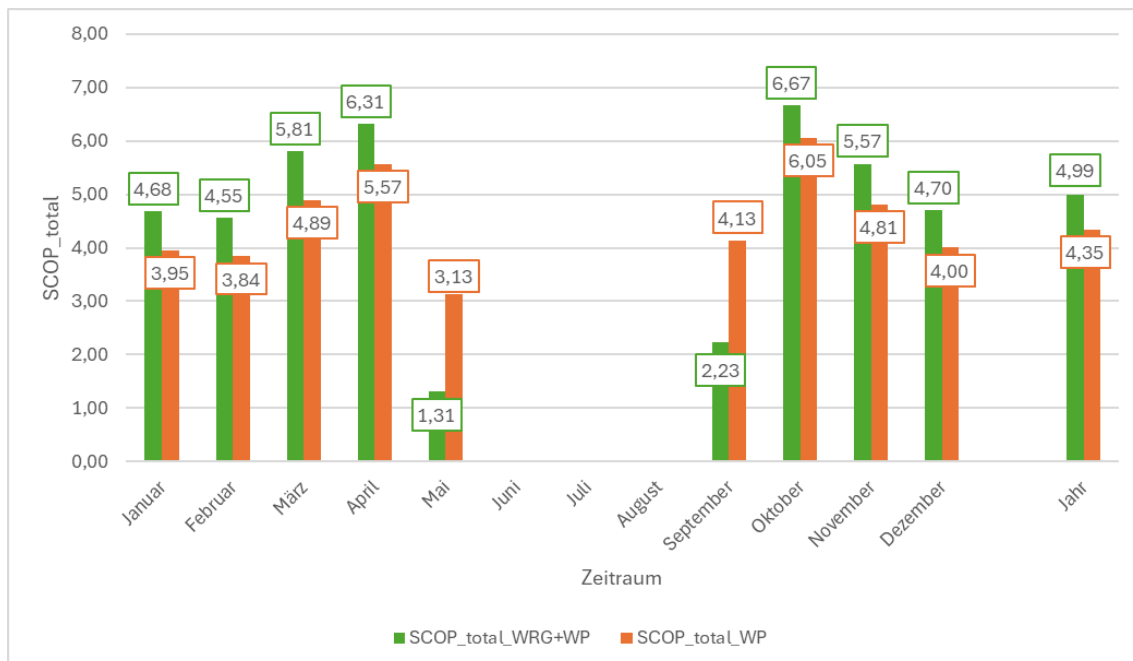


Abbildung 2: Vergleich von Wärmepumpen-Arbeitszahlen $SCOP$ und kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$

2 Hintergrund und Zielstellung

In den letzten Jahren wurden von der Politik ambitionierte Ziele für Klimaschutz und Energieeinsparung festgelegt. Um die Klimaziele im Gebäudebereich zu erreichen, sind eine Vielzahl von Maßnahmen denkbar. Die Bandbreite reicht von klimafreundlicherer Energieerzeugung über Effizienzsteigerung der Gebäudetechnik bis hin zur energetischen Modernisierung der Gebäudehülle.

In der Kurzstudie „Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung als nachhaltige Schlüsseltechnologie zur Erreichung der Klimaziele (COP-Äquivalenzstudie)“ konnte gezeigt werden, dass die energetische Bewertung mit den Kennwerten Leistungszahl COP und Jahresarbeitszahl SCOP nicht nur für Wärmepumpen, sondern auch für Wärmerückgewinnung anwendbar ist. Dafür wurden die Kenngrößen äquivalente Leistungszahl $COP_{\text{äq}}$ bzw. äquivalente Jahresarbeitszahl $SCOP_{\text{äq}}$ eingeführt.

Auf Basis der Überlegungen zur äquivalenten Jahresarbeitszahl und mit Blick auf die zukünftige Weiterentwicklung von GEG und BEG kann weitergehend eine kombinierte Arbeitszahl $SCOP_{total}$ für die gemeinsame Bewertung von Wärmepumpen und Wärmerückgewinnung definiert werden. Vergleichbare Ansätze existieren bereits im Bereich von Kombigeräten zur Luftheizung (bestehend aus Wärmerückgewinnung und Abluft-Zuluft-WP) und dienen als Startpunkt für die Herleitung der kombinierten Arbeitszahl $SCOP_{total}$.

Die Herleitung erfolgt auf Basis von mathematisch und physikalisch nachvollziehbaren Ansätzen und unter besonderer Berücksichtigung folgender Punkte:

- variable Bilanzierungskreise (Endenergie und Primärenergie sowie nur Heizung und Heizung/Trinkwassererwärmung)
- vorhandene Wechselwirkungen (Wirkung von kombinierten Einsparmaßnahmen ist kleiner als Summe der Einzelmaßnahmen).

Anhand von einem Beispiel wird die Berechnung der kombinierten Arbeitszahl $SCOP_{total}$ verdeutlicht.

3 Grundlagen

3.1 Leistungszahl COP und Arbeitszahl SCOP für Wärmepumpen

Die einschlägigen europäischen Prüfnormen für Wärmepumpen DIN EN 14825 und DIN EN 14511 enthalten Definitionen für die gängigen Wärmepumpen-Kennwerte im Heizbetrieb:

Leistungszahl:

$$COP = \frac{\text{Wärmeleistung Wärmepumpe } \dot{Q}_{WP}}{\text{elektrische Leistung Wärmepumpe } P_V}$$

Arbeitszahl:

$$SCOP = \frac{\text{Wärmemenge Wärmepumpe } Q_{WP}}{\text{elektrische Arbeit Wärmepumpe } W_V}$$

3.2 Äquivalente Leistungszahl $COP_{\ddot{a}q}$ und Äquivalente Arbeitszahl $SCOP_{\ddot{a}q}$ für Wohnungslüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung

Um die Wärmerückgewinnung mit Wärmeübertragern leichter vergleichbar mit Wärmepumpen zu machen, ist es möglich, für Wärmeübertrager vergleichbare Kennwerte zu definieren. Dies erfolgt in den Kurzstudien „Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung als nachhaltige Schlüsseltechnologie der Wärmewende“ anhand des Rückgriffs auf das elektrische Wirkverhältnis, welches bereits in der Wärmeschutzverordnung 1995 eingeführt worden war. Damit wird ein Verhältnis von Nutzen zu Aufwand beschrieben, woraus sich äquivalente Leistungs- und Arbeitszahlen ableiten lassen:

Äquivalente Leistungszahl:

$$COP_{\ddot{a}q} = \frac{\text{Wärmeleistung Wärmeübertrager } \dot{Q}_{WRG}}{\text{elektrische Leistung Ventilatoren } P_{fan}}$$

Äquivalente Arbeitszahl:

$$SCOP_{\ddot{a}q} = \frac{\text{Wärmemenge Wärmeübertrager } Q_{WRG}}{\text{elektrische Arbeit Ventilatoren } W_{fan}}$$

3.3 Vergleich der Kennwerte COP und $COP_{\ddot{a}q}$

Leistungszahlen COP für Luft-Wasser-Wärmepumpen liegen typischerweise im Bereich von ca. 3 bis 6. Für die äquivalenten Leistungszahlen $COP_{\ddot{a}q}$ der Wärmerückgewinnung ergeben sich für typische Verhältnisse in der Heizperiode (Außentemperatur ϑ_e -10 °C bis +10 °C) und mit marktüblicher Lüftungsanlagentechnik (Wärmerückgewinnung $\eta_{WRG} = 85 \%$ und elektrische Leistungsaufnahme der Ventilatoren $SPI = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$) Werte im Bereich von ca. 11 bis 25, siehe Abbildung 3. Für mittlere klimatische Verhältnisse ergibt sich gemäß DIN V 18599 : 2018 eine äquivalente Jahresarbeitszahl $SCOP_{\ddot{a}q}$ für die Wärmerückgewinnung von ca. 17,5 und eine Jahresarbeitszahl SCOP für Wärmepumpen (ohne Heizstab) von ca. 5.

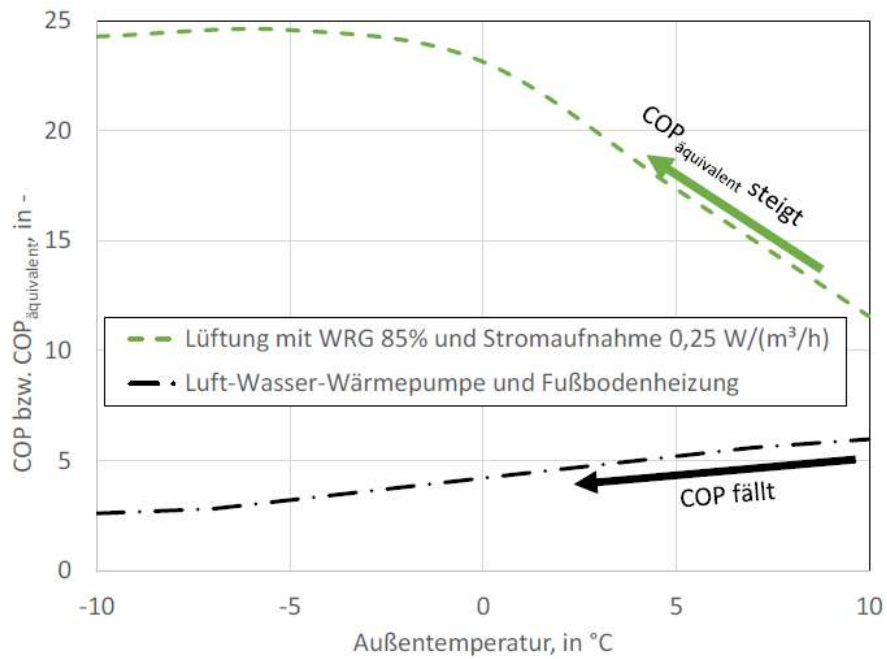


Abbildung 3: Vergleich von äquivalenten WRG-Leistungszahlen $COP_{\text{äq}}$ und WP-Leistungszahlen COP

Die höchsten äquivalenten Leistungszahlen $COP_{\text{äq}}$ der Lüftung mit Wärmerückgewinnung werden dabei bei niedrigen Außentemperaturen erreicht, was sie zu einem natürlichen Komplementärsystem von Wärmepumpen macht, da die Leistungszahlen von Wärmepumpen COP mit niedrigeren Außentemperaturen sinken. Die Kombination aus Lüftung mit Wärmerückgewinnung und Wärmepumpe entlastet somit das Wärmepumpen-Heizsystem vor allem bei niedrigen Außentemperaturen sowie das Stromnetz insbesondere bei „Dunkelflauten“ in windarmen Winterzeiträumen.

4 Berechnung von kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$

4.1 Randbedingungen und Ziele

In einem nächsten Schritt liegt es nahe, einen Systemkennwert für eine kombinierte Bewertung von Wärmepumpen und Wärmerückgewinnung einzuführen, um die Effizienz der elektrischen Wärmeversorgung von Gebäuden insgesamt bewerten zu können. Für die einfache und trotzdem weitgehend universelle Bestimmung eines solchen neuen Systemkennwertes sind folgende Grundsätze zu beachten:

- weitgehende Nutzung bereits bekannter Rechenalgorithmen (z.B. mit GEG-/BEG-Bezug auf Basis der DIN V 18599 mit üblicher Software)
- anwendbar für Leistungs- und Arbeitsbilanzen
- nutzbar für Endenergie- und Primärenergie-Betrachtungen
- geeignet für reine Heizsysteme und für kombinierte Systeme zur Heizung und Trinkwassererwärmung
- anwendbar für Kombinationen aus Wärmerückgewinnung mit allen elektrischen Heizsystemen
 - Wärmepumpen
 - Direktheizungen
 - Speicherheizungen
 - Luftheizungen
- mögliche Integration in Energieausweise
- mögliche Nutzung als Zielkennwert in Förderprogrammen

Ein solcher Systemkennwert kann den Lückenschluss zwischen spezifischen Prüf- bzw. Standardkennwerten einerseits und einer primärenergetischen oder THG-bezogenen Gesamtbewertung andererseits ermöglichen.

4.2 Berechnungsansatz

Leistungs- bzw. Arbeitszahlen werden allgemeingültig als das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand definiert. Sowohl bei Wärmepumpen als auch bei Wärmerückgewinnung ist der Nutzen die (erzeugte oder rückgewonnene) Wärme und der Aufwand die (für Wärmepumpen oder Ventilatoren) benötigte Elektroenergie.

Sollen für Kombinationen aus Wärmepumpe und Wärmerückgewinnung gemeinsame Kennwerte definiert werden, ergibt sich aus den dargelegten allgemeingültigen Ansätzen:

Kombinierte Leistungszahl:

$$COP_{total} = \frac{\text{Wärmeleistung Wärmepumpe } \dot{Q}_{WP} + \text{Wärmeleistung Wärmeübertrager } \dot{Q}_{WRG}}{\text{elektrische Leistung Wärmepumpe } P_V + \text{elektrische Leistung Ventilatoren } P_{fan}}$$

Kombinierte Arbeitszahl:

$$SCOP_{total} = \frac{\text{Wärmemenge Wärmepumpe } Q_{WP} + \text{Wärmemenge Wärmeübertrager } Q_{WRG}}{\text{elektrische Arbeit Wärmepumpe } W_V + \text{elektrische Arbeit Ventilatoren } W_{fan}}$$

4.3 Umsetzung auf Basis DIN V 18599

Für eine einfache und praxisorientierte Anwendung dieses Ansatzes ist das Andocken an bereits vorhandene Algorithmen sinnvoll. Dafür bietet sich die Normenreihe DIN V 18599 an, die ohnehin die Basis für Berechnungen nach GEG und BEG ist. In der Normenfassung von DIN V 18599-5 von 2018 und etwas weiterentwickelt in der geplanten neuen Fassung von 2025 findet sich folgender Ansatz zur Bestimmung von Arbeitszahlen für Wärmepumpen:

Monatsarbeitszahl Wärmepumpe (ggf. mit Nachheizung):

$$SCOP_{gen,t} = \frac{Q_{h,outg}^*}{Q_{h,f,1} + Q_{h,f,bu} + W_{h,gen} + W_{h,gen,bu}}$$

Jahresarbeitszahl Wärmepumpe (ggf. mit Nachheizung):

$$SCOP_{gen,t,a} = \frac{\sum_{Monate} Q_{h,outg}^*}{\sum_{Monate} (Q_{h,f,1} + Q_{h,f,bu} + W_{h,gen} + W_{h,gen,bu})}$$

mit

$Q_{h,outg}^*$... Erzeugernutzwärmeabgabe Wärmepumpe (ggf. mit Nachheizung), in kWh

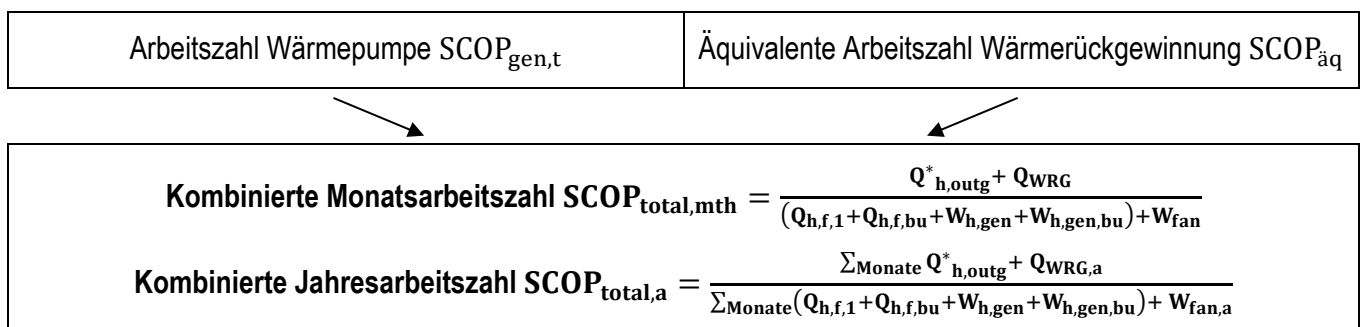
$Q_{h,f,1}$... Endenergiebedarf (Elektroenergiebedarf) Wärmepumpe, in kWh

$Q_{h,f,bu}$... Endenergiebedarf (Elektroenergiebedarf) Nachheizung, in kWh

$W_{h,gen}$... Hilfsenergiebedarf Wärmepumpe, in kWh

$W_{h,gen,bu}$... Hilfsenergiebedarf Nachheizung, in kWh

Wird dieser bereits normativ beschriebene Ansatz um die Berücksichtigung der Wärmerückgewinnung mit Wohnungslüftungssystemen erweitert, ergibt sich die kombinierte Arbeitszahl $SCOP_{total}$.



Die mit der Wärmerückgewinnung nutzbar gemachte Wärmemenge Q_{WRG} kann dabei nach DIN V 18599-2 als Differenz des Heizwärmebedarfs ohne Wärmerückgewinnung und des Heizwärmebedarfs mit Wärmerückgewinnung bestimmt werden: $Q_{WRG} = Q_{h,b,ohneWRG} - Q_{h,b,mitWRG}$

Der Gültigkeitsbereich dieser Kennwerte kann wie folgt definiert werden:

1. Die kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$ können für die Kombination eines Wohnungslüftungssystems mit Wärmerückgewinnung mit einem beliebigen elektrischen Heizsystem angegeben werden, indem statt der Kenngrößen für die Nachheizung analoge Kenngrößen für das elektrische Heizsystem eingesetzt werden.
2. Die kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$ gelten gleichermaßen für die Bilanzierungsebenen Endenergie, Primärenergie und THG-Emissionen.
3. Die kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$ lassen sich auch für Systeme zur gemeinsamen Heizung und Trinkwassererwärmung ermitteln, indem zusätzlich die Energiemengen für das Trinkwarmwasser bilanziert werden.
4. Neben kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$ können mit dem beschriebenen Ansatz sinngemäß auch kombinierte Leistungszahlen COP_{total} angegeben werden.
5. Der Ansatz der kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$ kann sinngemäß auch für elektrische Kühleysteme als $SEER_{total}$ angewendet werden.

4.4 Beispiel

Ein Beispiel mit fiktiven Werten zeigt die Anwendung des Prinzips der kombinierten Arbeitszahlen (Abbildung 4) unter folgenden Randbedingungen:

- Einfamilienhaus, Neubau
- Außenluft-Wasser-Wärmepumpe inkl. Heizstab mit Fußbodenheizung (Standardwerte nach DIN/TS 18599:2025)
- Zu-/Abluftanlage mit WRG mit marktüblichen Kennwerten ($\eta_t = 85\%$, $SPI = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$, bedarfsgeführt)

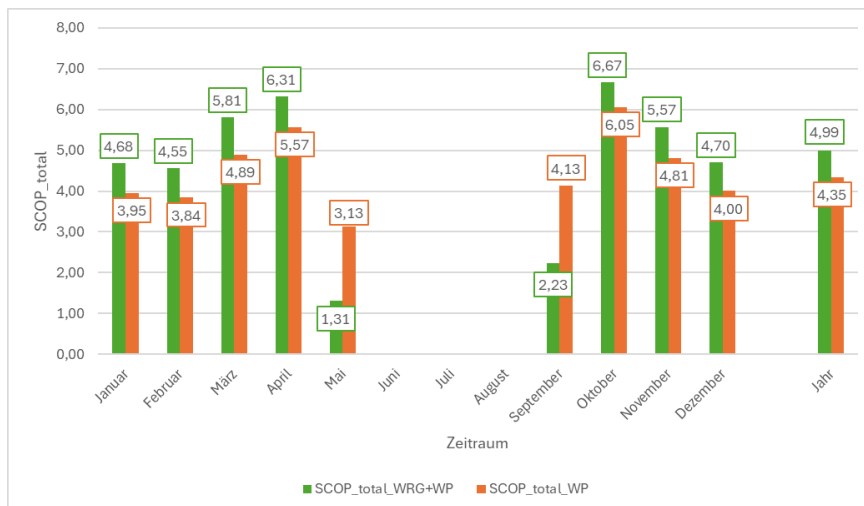


Abbildung 4: Vergleich von Wärmepumpen-Arbeitszahlen $SCOP$ und kombinierten Arbeitszahlen $SCOP_{total}$

Dabei wird der Effekt der Wärmerückgewinnung als Komplementärsystem zur Wärmepumpe deutlich. Die Wärmerückgewinnung wirkt gleichzeitig als „Systembooster“ (Erhöhung der Jahresarbeitszahl um ca. 15% bzw. um ca. 0,6 von 4,4 auf 5,0) und als „Systemstabilisator“ (Erhöhung der Monatsarbeitszahlen auch in den kalten Wintermonaten).