

Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen - Abwärmenutzung oder Erneuerbare Energie

Solange die Diskussion um Erneuerbare Energien im Gebäudebereich andauert, werden Definitionen und Anrechenbarkeit in verschiedenen technischen Normen und gesetzlichen Regelungen diskutiert. Meist werden einzelne Technologien spezifiziert und deren regenerativer Beitrag bewertet. Praktisch jedes Dokument definiert etwas anderes und es gibt keine einheitliche Vorgehensweise, insbesondere nicht im Bereich der Klima- und Lüftungstechnik. Dieser Beitrag zeigt die Unterschiede zwischen Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung auf und definiert den erneuerbaren Anteil der Wärme- und Kälterückgewinnung in Lüftungsgeräten. Eine Definition der Erneuerbaren Energien auf der Grundlage eines Primärenergieansatzes würde eine völlig technologieneutrale Berechnung der Anteile der Erneuerbaren Energien ermöglichen und die notwendigen regulatorischen Methoden und Definitionen vereinfachen.



Dipl.-Ing.
Claus Händel,
technischer Referent,
FGK e.V.
Bietigheim-Bissingen

1. Rechtlicher Rahmen

Die wichtigsten rechtlichen Grundlagen für Erneuerbare Energien in Europa und Deutschland sind:

- die Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und
- die Richtlinie (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.

Diese Rahmenverordnungen werden durch nationale Regelungen zur Förderung Erneuerbarer Energien in den Mitgliedstaaten umgesetzt, ergänzt und unterstützt. In Deutschland geschieht das zum Beispiel durch:

- das Gesetz zur Förderung der Erneuerbaren Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz - EEWärmeG),
- Landesgesetze wie das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWärmeG) in Baden-Württemberg,

- Energieeinsparverordnung (EnEV) und in Zukunft durch das
- Gebäudeenergiegesetz (GEG).

Beispielhaft seien die Definitionen aus der EPBD 2018/2001/EU genannt:

- (1) ‚Energie aus erneuerbaren Quellen‘ oder ‚erneuerbare Energie‘ Energie aus erneuerbaren, nichtfossilen Energiequellen, das heißt Wind, Sonne (Solarthermie und Photovoltaik), geothermische Energie, Umgebungsenergie, Gezeiten-, Wellen- und sonstige Meeresenergie, Wasserkraft, und Energie aus Biomasse, Deponiegas, Klärgas und Biogas;
- (2) ‚Umgebungsenergie‘ natürlich vorkommende thermische Energie und in der Umwelt innerhalb eines begrenzten Gebiets angesammelte Energie, die in der Umgebungsluft, mit Ausnahme von Abluft, oder in Oberflächengewässern oder Abwässern gespeichert sein kann;
- (9) ‚Abwärme und -kälte‘ unvermeidbare Wärme oder Kälte, die als Nebenprodukt in einer Industrieanlage, in einer Stromerzeugungsanlage oder im tertiären Sektor anfällt und die ungenutzt in Luft oder Wasser abgeleitet werden würde, wo kein Zugang zu einem Fernwärmesystem oder einem Fernkältesystem besteht, in dem ein Kraft-Wärme-Kopplungsprozess genutzt wird, genutzt werden wird oder in dem Kraft-Wärme-Kopplung nicht möglich ist.“

Die Beschränkung auf die Umgebungsenergie (Luft) in Absatz 2 ist nicht verständlich, da die Abluft beim Verlassen des Gebäudes oder der Maschine sofort zur Außenluft wird. Auch die Definition von Abwärme und Kälte in Absatz 9 ist schwer verständlich und hat keinerlei physikalische Grundlage.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Definitionen und die Quoten zur Erfüllung rein politisch festgelegt sind und bei jeder Überarbeitung neu bearbeitet werden müssen.

Es gibt keine gemeinsame Definition von Erneuerbarer Energie und Abwärme. Insbesondere wird auch die Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen unterschiedlich behandelt und berücksichtigt. Sie wird:

- in EU-Festlegungen ausgeschlossen,
- in Bundesgesetzen und Verordnungen als Abwärmenutzung und Ersatzmaßnahme behandelt und nicht in der Statistik gezählt,
- in beispielsweise in Baden-Württemberg je nach Anwendung „Wohnen“, „Tertiär“, „Gewerbe“, „Prozess“ usw. als Abwärmenutzung behandelt.

Besonders diffus und verwirrend sind die Definitionen bei Kältemaschinen. So wird die Wärmequelle „Außenluft“ bei Wärmepumpen angerechnet, die Wärmesenke „Außenluft“ bei der gleichen Maschine im Kühlbetrieb aber nicht. Primär- und endenergetisch ineffiziente thermische Kältemaschinen (Ab-, Adsorption etc.) werden angerechnet, wenn die Wärme regenerativ ist - Kompressionskältemaschinen mit viel besserer Effizienz nicht. Die im Folgenden unterbreiteten Vorschläge beschränken sich auf gebäudebezogene Energien für Heizung, Kühlung, Lüftung. In der europäischen Verordnung ist ein Bewertungsansatz enthalten, der eine technologieneutrale Bewertung ermöglichen würde, wenn er konsequent weiterverfolgt würde.

Die Menge der durch Wärmepumpen gebundenen aerothermischen, geothermischen oder hydrothermischen Energie, die für die



Zwecke dieser Richtlinie als Energie aus erneuerbaren Quellen betrachtet wird, wird nach folgender Formel gemäß Anhang VII berechnet:

Gleichung 1:

$$E_{RES} = Q_{usable} \cdot \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

Dabei sind:

Q_{usable} : die durch Wärmepumpen erzeugte gesamte Nutzwärme; nur Wärmepumpen mit $SPF > 1,15 \cdot 1/\eta$, werden berücksichtigt;

SPF: der geschätzte jahreszeitbedingte Leistungsfaktor für diese Wärmepumpen;

H: das Verhältnis zwischen der gesamten Bruttoelektrizitätsproduktion und dem Primärenergieverbrauch für die Elektrizitätsproduktion; sie wird als EU-Durchschnitt auf der Grundlage von Eurostat-Daten berechnet.

Nach der Richtlinie 0 beträgt der Systemwirkungsgrad für elektrische Wärmepumpen $\eta_{is} = 0,45$ und für thermische Wärmepumpen $\eta_{is} = 1,0$. Der Mindest-SPF für elektrische Systeme beträgt 2,55 und für thermische Systeme 1,15.

Die folgende Gleichung besagt nichts anderes als: Wenn die auf Primärenergie bezogene Arbeitszahl größer als 1,15 ist, dann kann dieser Energieanteil als Erneuerbare Energie angerechnet werden.

Gleichung 2:

$$SPF \cdot \eta = \frac{SPF}{f_{pri}} = COP_{pri} = SPF_{pri} > 1.15$$

Oder mit anderen Worten ausgedrückt: Wenn 15 Prozent mehr Nutzenergie von einer Maschine genutzt werden, als Primärenergie in diese Maschine gesteckt wird, dann ist das ein Beitrag zu Erneuerbaren Energien. Diese 15 Prozent sind vermutlich ein gewisser Sicherheitszuschlag für die Technologie.

2. Wärmerückgewinnung vs. Abwärmenutzung

I. Allgemein

Die Wärmerückgewinnung wird, wenn sie überhaupt anrechenbar ist, in der Regel als Abwärmenutzung behandelt. Es ist aber anzumerken, dass es physikalische Unterschiede zwischen der Abwärmenutzung und der Wärmerückgewinnung (in Lüftungsanlagen) gibt. Die folgenden Beispiele sollen dies verdeutlichen.

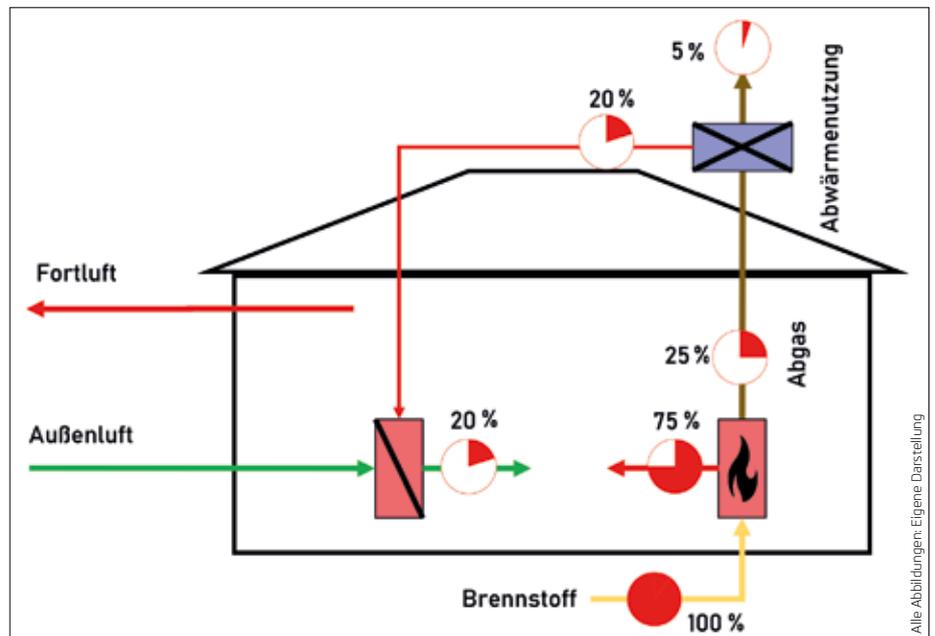


Abbildung 1: Beispiel Abwärmenutzung mit einem Kessel

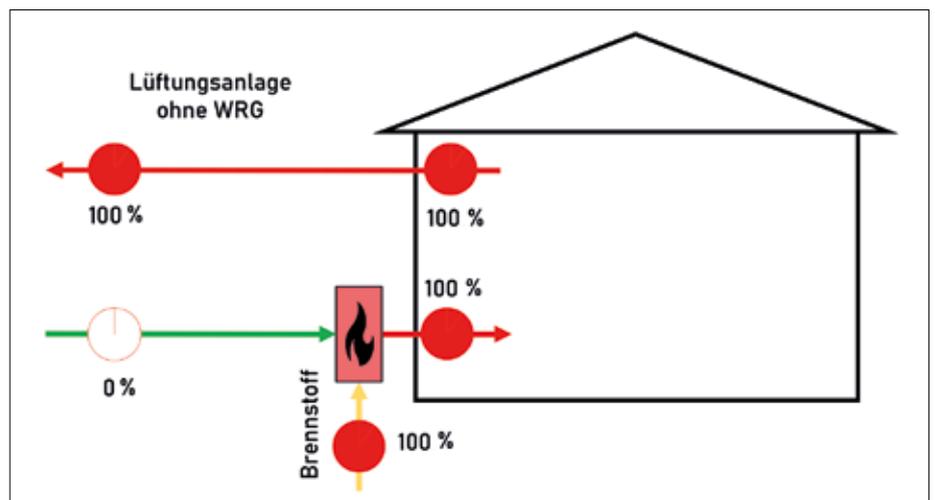


Abbildung 2: Beispiel Lüftungsgerät ohne Wärmerückgewinnung

II. Abwärmenutzung

Wird das Gebäude mit einem fossilen Kessel beheizt (Abbildung 1), dann stehen in diesem Beispiel vielleicht nur 75 Prozent für die Heizung zur Verfügung, 25 Prozent gehen über den Abgasstrom nach außen. Über einen Abgaswärmeübertrager werden bei einer Effizienz der Abwärmenutzung von vielleicht 80 Prozent etwa 20 Prozent der im Kessel eingesetzten Energie zurückgewonnen. Dementsprechend gehen nur 5 Prozent der Energie mit dem Abgas nach außen.

Dies ist eine Abwärmenutzung aus einem Verbrennungsprozess für ein Gebäude. Die Abwärme kann nur ein einziges Mal genutzt werden – genau wie die Energie des Brennstoffs. Analoges gilt selbstverständlich auch für den Brennwert.

III. Wärmerückgewinnung in einer Lüftungsanlage

Wird nun die Wärmeerzeugung vereinfacht, und wird nur die Lüftungsanlage ohne Wärmerückgewinnung betrachtet, dann geht die gesamte Wärme der Heizung (gegebenenfalls einschließlich der Abwärmenutzung, Abbildung 1) durch die Abluft verloren (Abbildung 2).

Mit einer Wärmerückgewinnung in einer Lüftungsanlage wird die anteilige Wärme nun wieder in den Kreislauf zurückgeführt.

Die Installation einer Wärmerückgewinnungsanlage (in unserem Beispiel 50 Prozent, Abbildung 3) reduziert den Wärmebedarf ebenfalls um 50 Prozent. Das bedeutet, dass in einem ersten Schritt aus 1 kWh Input 0,5 kWh zurückgewonnen werden.

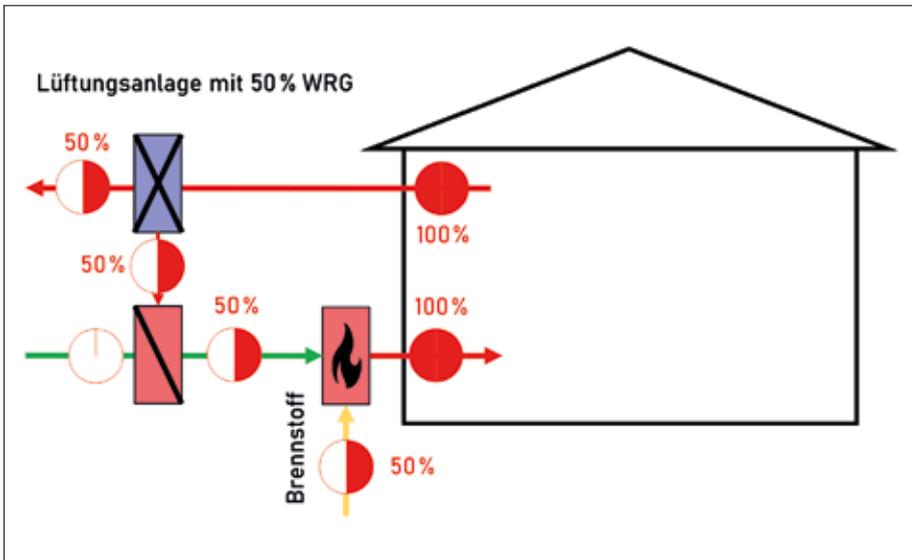


Abbildung 3 : Beispiel Lüftungsgerät mit 50 Prozent Wärmerückgewinnung

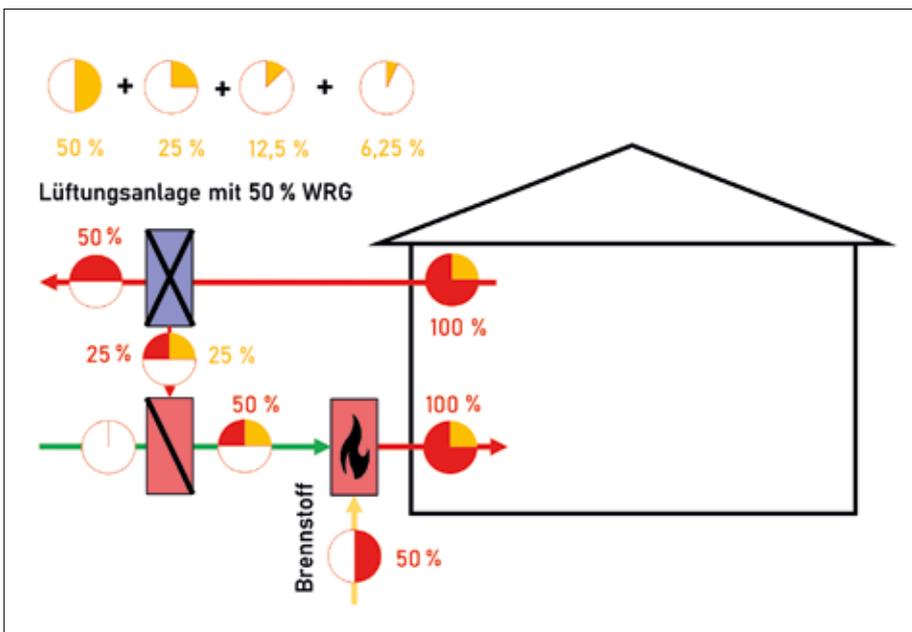


Abbildung 4 : Beispiel Lüftungsgerät mit 50 Prozent Wärmerückgewinnung

Im Fall der Wärmerückgewinnung in einer Lüftungsanlage ist die zurückgewonnene Wärme nun wieder im Kreislauf und steht für eine erneute Wärmerückgewinnung zur Verfügung. Ein Teil der zurückgewonnenen Energie regeneriert sich dabei immer wieder selbst und bleibt im Kreislauf (Abbildung 4). Per Definition ist dieser Anteil Erneuerbare Energie.

Wird eine Wärmerückgewinnung mit 100 Prozent Effizienz unterstellt, würde die gesamte Energie in jedem Zeitschritt zurückgewonnen und wieder zurückgewonnen werden – sie würde sich ständig selbst erneuern. Das ist per Definition Erneuerbare Energie.

Dieser Prozess kann durch eine unendliche Reihe modelliert werden:

Gleichung 3:

$$Q_{\text{nutzbar}} = Q_{\text{End}} + Q_{\text{End}} \times \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \dots \right)$$

Die beim ersten Mal eingesetzte Energie wird also anteilig der Wärmerückgewinnung in jedem Zeitschritt erneut zurückgewonnen.

IV. Berechnung des Anteils erneuerbarer Energien in der Wärmerückgewinnung

Basierend auf den in Kapitel 1 gemachten Angaben in Analogie zur Wärmepumpe und

unter Verwendung der allgemeinen Gleichung für eine konvergierende geometrische Reihe n und dem Temperaturverhältnis der Wärmerückgewinnung η_r [0.. 100 %]:

Gleichung 4:

$$S_n = \sum_{k=1}^n a \times q^{k-1} = a + a \times q + a \times q^2 + \dots + a \times q^{n-1} = a \times \frac{(1-q^n)}{(1-q)}$$

Die nutzbare Energie für die Wärmerückgewinnung aus der eingesetzten Endenergie wird wie folgt berechnet:

Gleichung 5:

$$Q_{\text{nutzbar}} = Q_{\text{End}} \times \frac{(1-\eta_r^n)}{(1-\eta_r)}$$

Oder sie wird in Analogie mit einer Wärmepumpe ausgedrückt in COP und für einen kontinuierlichen Betrieb als Grenzwert für unendliche Periodenanzahl:

Gleichung 6:

$$\frac{Q_{\text{nutzbar}}}{Q_{\text{End}}} = \text{COP} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{(1-\eta_r^n)}{(1-\eta_r)} \right) = \left(\frac{1}{1-\eta_r} \right)$$

Typischerweise ist eine Heizung in Lüftungsanlagen (einschließlich Wärmerückgewinnung) so ausgelegt, dass sie Lüftungsverluste abdeckt. Raumheizsysteme sind so konzipiert, dass sie die Transmission abdecken – Infiltration plus Lüftungsverluste, die nicht durch Wärmerückgewinnung gedeckt werden.

Wird die Anlage nicht kontinuierlich betrieben, beispielsweise Stopp der Lüftungsanlage in der Nacht, gibt es keine Lüftungsverluste in der Nichtbetriebszeit – nur Infiltration- und Transmissionsverluste. Wenn die Lüftungsanlage am Morgen wieder startet, beginnt sie bezogen auf die Lüftung genau an der Stelle, an der sie am Abend aufgehört hat. Generell kann die Belüftung also als ein kontinuierlicher Prozess gesehen werden und Gleichung 6 kann verwendet werden.

Unter Verwendung der Gleichung 1 ergibt sich:

Gleichung 7:

$$Q_{\text{usable}} = Q_{\text{end}} + Q_{\text{RES}}$$

Für die Erneuerbare Energie der Wärmerückgewinnung ergibt sich:

Gleichung 8:

$$Q_{\text{RES}} = Q_{\text{usable}} - Q_{\text{end}}$$

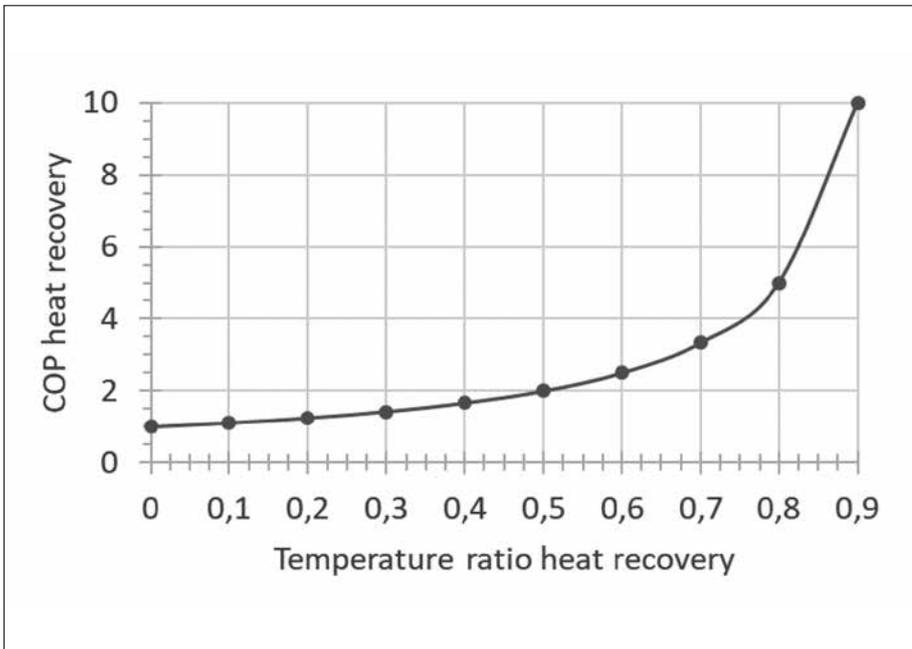


Abbildung 5 : Thermischer COP einer Wärmerückgewinnungsanlage

Und mit Gleichung 5 ergibt sich:

Gleichung 9:

$$Q_{RES,HR} = Q_{usable,WRG} \cdot \left(1 - \frac{1}{COP}\right)$$

Und mit Gleichung 6 ergeben sich:

Gleichung 10 und 11:

$$Q_{RES,HR} = Q_{usable,HR} \cdot \eta_t$$

$$Q_{Waste,HR} = Q_{usable,HR} \cdot (1 - \eta_t)$$

Die Gleichungen 10 und 11 zeigen, dass bei Wärmerückgewinnungssystemen in Lüftungsanlagen immer ein Anteil Erneuerbare Energie existiert, der sich selbst regeneriert. Außerdem gibt es einen Anteil Abwärmenutzung des Heizgerätes oder anderer interner Wärmequellen.

Diese Berechnungen berücksichtigen nicht, dass es andere erneuerbare Wärmequellen im belüfteten Gebäude geben könnte, beispielsweise passive solare Gewinne, Wärmeabgabe durch Menschen oder erneuerbare Heizsysteme, die den erneuerbaren Anteil der Wärmerückgewinnung erhöhen, indem auch diese Quellen wieder zurückgewonnen werden.

V. Kälterückgewinnung

Die Kälterückgewinnung folgt genau dem gleichen Prinzip und kann auf die gleiche Weise bewertet werden. Auch für die Be- und Entfeuchtung kann der gleiche Ansatz basierend auf den Leistungsdaten der Feuchte- und Enthalpie-Rückgewinnung verwendet werden.

VI. Beispiele

Die in Kapitel IV gemachten Angaben gelten zunächst nur für eine sensible Wärmerückgewinnung und die Transportenergie für den Luftstrom wurde nicht berücksichtigt. Das soll im folgenden Kapitel nachgeholt werden. Für das prinzipielle Verständnis war das notwendig.

Bei Verwendung von Gleichung 6 für typische Wärmerückgewinnungssysteme nach der Ökodesign-Verordnung 1253/2014 (Kreislaufverbundsysteme $\eta_{t,min} = 0,67$ und

andere $\eta_{t,min} = 0,73$), oder etwas besser, findet sich ein thermischer COP von 3...5. Dieser liegt im gleichen Bereich wie die elektrische Leistungszahl einer Wärmepumpe (Abbildung 5).

3. Primärenergiebasierter Ansatz I. Allgemeine Aspekte

Der Ansatz in Kapitel 2 berechnet die erneuerbare thermische Energie einer Wärmerückgewinnung, deckt aber nicht alle notwendigen energetischen Aspekte ab. Eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung benötigt elektrische Energie für den Lufttransport und gegebenenfalls für Pumpen und Antriebe. Je nach Wärmerückgewinnung und Außenbedingungen wird zusätzliche thermische Energie benötigt. Thermische und elektrische Energie können nicht einfach addiert werden, also muss zu einem primären Energieansatz übergegangen werden.

Für das Beispiel Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann ein COP auf Basis der Primärenergie definiert werden:

Gleichungen 12 und 13:

$$COP_{pri,HR} = \frac{Q_{usable,HR}}{Q_{Waste,HR} \cdot f_{heat} + Q_{trans} \cdot f_{elec}}$$

$$Q_{usable,HR} = Q_{Waste,HR} + Q_{RES,HR}$$

Ein primärenergiebasierter COP ist ein hilfreicher Indikator, um zu entscheiden, ob ein System einen Beitrag zu Erneuerbaren Energien liefert oder nicht. Ist der $COP_{pri} > 1$, bedeutet das, dass das System mehr nutzbare

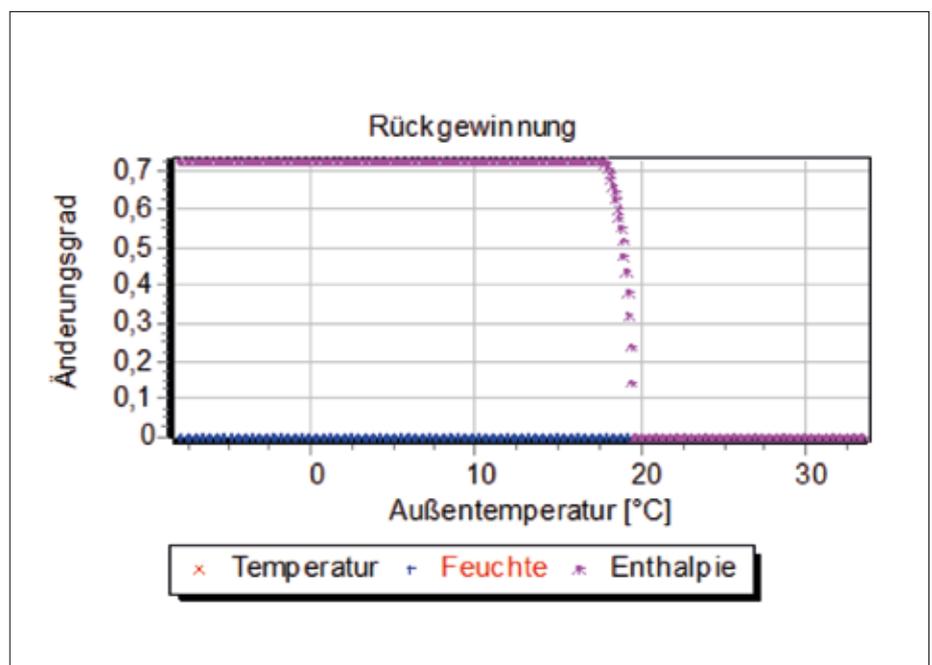


Abbildung 6: Stunden-Temperaturverhältnis der Wärmerückgewinnung Zulufttemperatur 20°C (Frankfurt)



Energie erzeugt, als es Primärenergie benötigt. Nichts anderes ist die Mindestanforderung der EU Verordnung [1] für Wärmepumpen mit einem Schwellenwert von 15 Prozent bezogen auf die elektrische Energie in Gleichung 1.

Mit den Gleichungen aus Kapitel 2 ergibt sich Gleichung 14:

Gleichungen 14:

$$COP_{pri,HR} = \frac{1}{\eta_t \cdot f_{heat} + \frac{Q_{trans}}{Q_{useable,HR}} \cdot f_{elec}}$$

Wärmerückgewinnungssysteme müssen über ein thermisches Regelsystem verfügen. Das bedeutet, dass in Abhängigkeit von den benötigten Zulufttemperaturen und den klimatischen Bedingungen das mittlere Temperaturverhältnis im Betrieb niedriger ist als das Auslegungstemperaturverhältnis (Abbildung 6). Für die Berechnung des Anteils Erneuerbarer Energien kann vereinfacht das durchschnittliche (gewichtete) Temperaturverhältnis für die Wärmerückgewinnung im Betrieb verwendet werden – selbstverständlich auch die jeweiligen Stundenwerte der Simulation).

II. Beispiele

Die folgenden vereinfachten Beispiele zeigen die Möglichkeiten des primärenergiebasierten Ansatzes. Betrachtet wird ein Lüftungsgerät nach EU 1253/2014 Stufe 2:

- V = 10.800 m³/h = 3 m³/s,
- Ventilatoren inklusive Filter, Wärmerückgewinnung, Gehäuse
 $P_{el} = 800 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{s}) \cdot 3 \text{ m}^3/\text{s} = 2.400 \text{ W}$
 $P_{SUP} = 1.400 \text{ W}$ und $P_{EXT} = 1000 \text{ W}$,

- Temperaturverhältnis der Wärmerückgewinnung 0,73,
- Primärenergiefaktor Wärme $f_{pri,Wärme} = 1,0$ ($\eta = 1$),
- Primärenergiefaktor Strom $f_{pri,elec} = 2,2$ ($\eta = 0,45$),
- Zulufttemperatur und Raumtemperatur min 20 °C (keine Kühlung),
- 8760 h Betrieb.

Die stündliche Simulation (Tabelle 1) für die verschiedenen Parameter und Standorte zeigt, dass der COP_{pri} der Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung in den nord- und süd-europäischen Ländern bei etwa 2 bzw. 1,5 liegt (Tabelle 1, Spalte 3-6). Der Ventilatorstromverbrauch auf Basis ErP 1253/2014 beinhaltet nicht den zusätzlichen Bedarf für den Transport innerhalb des Gebäudes oder zusätzlicher Komponenten. Das entspricht aber auch dem Grenzwert für die Wärmepumpen nach [3].

Selbst wenn ein zusätzlicher Transportenergiebedarf durch Verdoppelung der Ventilatorleistung berücksichtigt wird, liegt der COP_{pri} immer noch bei 1,33 (Variante 3, Tabelle 1).

Wird dieser Wert beispielsweise mit einer Wärmepumpe mit COP=3,5 und mit $f_{pri,elec} = 2,2$ ($\eta=0,45$) verglichen, liegt der COP_{pri} bei 1,59 und im gleichen Bereich.

IV. Andere erneuerbare Technologien

Der Primärenergieansatz kann auch als Grundlage für die Bestimmung des regenerativen Anteils bei anderen Technologien verwendet werden:

- Kälteerzeugung,
- Kühlung und Enthalpie-Rückgewinnung,

- Freie Kühlung mit Kühltürmen,
- Verdunstungskühlung,
- Solaranlagen und
- jede Kombination daraus.

Wird die Gleichung 12 verallgemeinert, ergibt das Gleichung 15:

Gleichungen 15:

$$COP_{pri} = \frac{\sum Q_{nutz}}{\sum(Q_f \cdot f_{pri,f}) + \sum(W_f \cdot f_{w,f})}$$

- Q_{nutz} : Nutzenergie des Erzeugers
- Q_f : Endenergiebedarf des Erzeugers
- W_f : Hilfsenergiebedarf des Erzeugers
- f : Primärenergiefaktor für jede betrachtete Endenergie

Ein politischer Steuerungsaspekt wird durch die individuellen Primärenergiefaktoren für jede betrachtete Energie vollständig umgesetzt. Wird zusätzlich beispielsweise ein erneuerbarer Anteilfaktor r (Gleichung 16) eingeführt, ergibt sich eine einfache Messgröße für den erneuerbaren Anteil. Wenn der Faktor r positiv ist (COP_{pri} > 1), dann ergibt sich ein erneuerbarer Beitrag und wenn der Faktor r negativ ist (COP_{pri} < 1), ergibt sich kein erneuerbarer Anteil.

Gleichung 16:

$$r = \frac{E_{RES}}{Q_{usable}} = \left(1 - \frac{1}{COP_{pri}}\right)$$

Die Beispiele in Tabelle 2 zeigen einige vereinfachte Ansätze für verschiedene Technologien und sollen nur dazu dienen, die Möglichkeiten aufzuzeigen. Wie in der Verordnung [1] ausgeführt, arbeitet der Primär-

Tabelle 1: Beispielrechnung für den erneuerbaren Beitrag der Lüftungswärmerückgewinnung

1	2	3	4	5	6	3a
Klimazone		Frankfurt	Helsinki	Barcelona	Athen	Frankfurt
Betriebszeit [h]		8760	8760	8760	8760	8760
Temperaturverhältnis η		0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
$PSFP_{ges}$ [W/(m ³ /s)]		800	800	800	800	1600
durchschnittliches Temperaturverhältnis η_{nav}	Sim	0.716	0.721	0.705	0.704	0.698
COP	(6)	3,52	3,58	3,39	3,39	3,31
$Q_{verwendbar,HR}$ (kWh)	Sim	203,045	331,519	119,818	129,781	206,366
$Q_{ren,Hitze}$ (kWh)	(9)	145,380	239,025	84,472	91,366	144,043
$Q_{nicht r,hessen}$ (kWh)	(12)	57,665	92,494	35,346	38,415	62,323
Elec. Ventilatoren [kWh]	Sim	21,024	21,024	21,024	21,024	45,550
COP_{pri,WRG,Wärme,reg}	(13)	1.954	2.389	1.468	1.533	1.333
REG	(16)	49%	58%	32%	35%	25%



Tabelle 2: Vereinfachte Beispielrechnung für den erneuerbaren Beitrag verschiedener Technologien

	Q _{outg}	Q _f	ζ	zu Preisen von...	W	COP / EER	f _w	COP _{Pri}	REG
Die Wärmeerzeugung									
Luft-Wasser-Wärmepumpe	10000			1	2800	3,57	2,2	1,62	38 %
Wasser/Wasser-Wärmepumpe	10000			1	2500	4,00	2,2	1,82	45 %
Solarer Warmwasserbereiter	3000			1	300		2,2	4,55	78 %
Gaskessel (fossil)	10000	11000	0,91	1	200		2,2	0,87	-14 %
Thermische Wärmepumpe	10000	8000	1,25	1	30		2,2	1,24	19 %
Gaskessel (Biogas)	10000	11000	0,91	0,5	30		2,2	1,80	44 %
Pellet	10000	12000	0,83	0,2	200		2,2	3,52	72 %
Kalte Erzeugung									
Kühler (elektrisch)	10000			1	3000	3,33	2,2	1,52	34 %
Absorptionskühler (fossil)	10000	15000	0,67	1	500		2,2	0,62	-61 %
Absorptionskälteanlage (Biogas)	10000	15000	0,67	0,5	500		2,2	1,16	14 %
Freie geothermische Kühlung	5000			0	200	25,00	2,2	11,36	91 %
Freier Kühlturm	5000			0	500	10,00	2,2	4,55	78 %

energieansatz selbstverständlich mit Wärmepumpen (Tabelle 2, Zeilen 1 und 2). Er funktioniert aber auch für eine Solaranlage (Zeile 3) und auch für thermische Wärmepumpen (Zeile 5).

Werden Kessel betrachtet, dann findet sich REG < 0 für fossil beheizte und REG > 0 für Biogas und Holzpellets. Das ist allerdings direkt abhängig von ihren jeweiligen Primärenergiefaktoren. (Zeilen 4, 6, 7).

Werden die Kälteerzeuger betrachtet, so findet sich ein negativer Beitrag für fossil beheizte Absorptionskältemaschinen (Zeile 9) und ein positiver Beitrag für elektrische Kaltwassersätze. Der Ansatz funktioniert auch für jedes beliebige Freikühlsystem (Zeilen 11, 12).

Zu diskutieren ist, dass eine elektrische Kältemaschine je nach Effizienz und Primärenergiefaktoren einen Beitrag zu den Anteilen Erneuerbarer Energien leisten kann. Es wird auch diskutiert werden, dass ein Kaltwassersatz keine Energie als solche „produziert“, sondern Energie auf eine andere Ebene verschiebt. Aber das ist auch bei Wärmepumpen nicht anders. Und die in Kältema-

schinen erzeugte Kälte ist ohne Zweifel nutzbare Energie.

Das Verfahren funktioniert auf die gleiche Weise für eine kombinierte Erzeugung von Wärme und Kälte in einer Wärmepumpe oder Kältemaschine.

5. Fazit

Der Beitrag zeigt, dass die aktuellen politischen Definitionen von Erneuerbaren Energien in Gebäuden kompliziert sind. Außerdem folgen sie nicht dem Prinzip der Technologieneutralität.

Die Wärmerückgewinnung in Lüftungsanlagen ist vergleichbar mit Wärmepumpen und liefert einen erheblichen Anteil an Erneuerbarer Energie in Gebäuden.

Eine auf Primärenergie basierende Leistungs- oder Arbeitszahl würde eine völlig technologieneutrale Berechnung des Anteils Erneuerbarer Energien ermöglichen.

Die Option individueller und/oder nationaler Primärenergiefaktoren ist ein politisches Lenkungsinstrument und schafft Transparenz bei der Berechnung der erneuerbaren Anteile. ◀

Referenzen:

- [1] Richtlinie (EU) 2018/2001 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.
- [2] Richtlinie (EU) 2018/844 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz.
- [3] Leitlinien der Kommission für die Berechnung von erneuerbarer Energie aus Wärmepumpen verschiedener Wärmepumpentechnologien gemäß Artikel 5 der Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (2013/114/EU).
- [4] Verordnung (EU) Nr. 1253/2014 der Kommission vom 7. Juli 2014 zur Durchführung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates im Hinblick auf die Festlegung von Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsgeräten.