

Hohe CO₂-Vermeidungspotenziale in Lüftungs- und Klimaanlage

Neue Studie belegt Einsparpotenziale bei thermischer und elektrischer Energie



Günther Mertz M.A.,
Hauptgeschäftsführer
des BTGA - Bundes-
industrieverband
Technische Gebäude-
ausrüstung e.V.

In einer vom Bundesindustrieverband Technische Gebäudeausrüstung e.V. (BTGA), vom Fachverband Gebäude-Klima e.V. (FGK) und vom Herstellerverband Raumlufttechnische Geräte e.V. beauftragten Studie wurden für zentrale Lüftungs- und Klimasysteme in Büro- und Verwaltungsgebäuden Potenziale zur Einsparung von thermischer und elektrischer Energie sowie von dadurch hervorgerufenen CO₂-Emissionen berechnet. Durch eine konsequente Umsetzung der in der Studie beschriebenen Strategien und Maßnahmen können bei einer oft guten Wirtschaftlichkeit insgesamt rund 3 Millionen Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden. Diese entsprechen 3,5 bis 4 Prozent der jährlichen CO₂-Gesamtemissionen in Deutschland.

Die dreiteilige Studie wurde vom Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik der RWTH Aachen (EBC), dem Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden und vom Umweltcampus Birkenfeld durchgeführt. Im Mittelpunkt der Studie stehen zu den rund 116.000 Lüftungs- und Klimaanlage, die in Deutschland in Büro- und Verwaltungsgebäuden betrieben werden, folgende Fragen: Welchen Beitrag zur Verringerung des thermischen Aufwands zur Luftaufbereitung und zum Einsparen von CO₂-Emissionen können Systeme zur Wärmerückgewinnung leisten? Welche Einsparpotenziale an elektrischer Arbeit ergeben sich durch Maßnahmen zur Anpassung der Luftvolumenströme zu einem Variabel-Volumenstrom-Betrieb, durch den Austausch veralteter, ineffizienter Ventilatoren und durch den Einsatz von modernen, nachhaltigen Wasserkühlsätzen zur Erzeugung von Kälteleistung zur Luftkühlung und -entfeuchtung? Die Studie

beantwortet diese Fragen und verdeutlicht dabei die Ergebnisse stets auch im Hinblick auf die Ökologie (CO₂-Einsparung) und die Wirtschaftlichkeit (CO₂-Vermeidungskosten).

I. CO₂-Vermeidungskosten

Die wichtigste Größe zur Beurteilung der ökologischen und ökonomischen Effizienz einer Maßnahme zum Klimaschutz sind die CO₂-Vermeidungskosten in Euro/t CO₂. Für diese gibt es zwei Darstellungsmöglichkeiten:

- Möglichkeit 1 berücksichtigt alle investiven Aufwendungen, die für die betrachtete Maßnahme aufgebracht werden müssen (in Euro). Diese Kosten werden dividiert durch die CO₂-Emissionen (in Tonnen), die durch die Maßnahme über einen definierten Zeitraum erreicht werden.
- Bei Möglichkeit 2 werden von den Investitionskosten noch die Netto-Einsparungen der Energiekosten (Betriebskosten) abgezogen, die durch die Maßnahme über den definierten Zeitraum erzielt werden. Dieses Ergebnis wird wieder durch die eingesparten CO₂-Emissionen dividiert.

Ziel ist es, durch geeignete Klimaschutzmaßnahmen möglichst geringe CO₂-Vermeidungskosten zu erreichen. Negative CO₂-Vermeidungskosten bei Variante 2 verdeutlichen, dass im Betrachtungszeitraum die eingesparten Betriebs- und Energiekosten höher sind als die Investitionskosten. Somit signalisieren solche Maßnahmen Anlagenbetreibern und Investoren neben einer guten Ökologie auch eine hohe Wirtschaftlichkeit.

Für die Berechnungen und Simulationen in den drei Teilstudien wurden folgende Werte vorgegeben:

Strompreis	= 6,4 Cent/kWh,
Wärmepreis	= 8,4 Cent/kWh,
CO ₂ -Emissionen Strom	= 0,52 kg/kWh,
CO ₂ -Emissionen Wärme	= 0,30 kg/kWh.

II. Teilstudie 1: Optimierte Luftförderung in RLT-Geräten

Die vom Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik der RWTH Aachen (EBC) erstellte Studie betrachtet CO₂-Vermeidungspotenziale von RLT-Anlagen in deutschen Büro-

und Verwaltungsgebäuden durch eine optimierte Betriebsstrategie und durch den Einsatz älterer, ineffizienter Ventilatoren. Analysen des EBC zufolge befinden sich in diesen Nichtwohngebäuden rund 116.000 RLT-Anlagen, die im Hinblick auf ihr Baujahr in vier Klassen eingeteilt werden können:

- Klasse 1: Baujahr vor 2002 = 32 %
(rund 37.000 Anlagen),
- Klasse 2: Baujahr 2002 bis 2007 = 23 %
(rund 27.000 Anlagen),
- Klasse 3: Baujahr 2008 bis 2013 = 23 %
(rund 27.000 Anlagen),
- Klasse 4: Baujahr ab 2014 = 22 %
(rund 25.000 Anlagen).

Aus den Altersklassen folgen die Annahmen zur Beurteilung der Effizienz der zur Luftförderung in den RLT-Anlagen eingesetzten Ventilatoren sowie für die Marktanteile der Lüftungssysteme im Hinblick auf deren Betriebsweisen als KVS-Systeme (Konstant-Volumenstrom) oder als energieeffizientere VVS-Systeme (Variabler Volumenstrom).

1. Vorgaben und Berechnungen

Die Potenzialermittlungen zu Einsparungen an elektrischer Energie zur Luftförderung erfolgten in der Studie zweigeteilt mittels dynamischer Anlagensimulation und anschließender Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:

- beispielhafte Simulation und Berechnung einer Lüftungsanlage für ein Bürogebäude,
- Berechnung der Maßnahmen für alle 116.000 RLT-Anlagen in den Büro- und Verwaltungsgebäuden.

Für die beispielhafte RLT-Anlage galten in der Simulation folgende Vorgaben:

- Nennluftvolumenstrom 14.000 m³/h,
- Druckverluste $\Delta p = 1.082$ Pa (Zuluft) und $\Delta p = 903$ Pa (Abluft).

Des Weiteren wurden für die Effizienzmaßnahmen folgende Annahmen getroffen:

1. Durch den Ventilatortausch steigt der Systemwirkungsgrad des Ventilators im Beispielgebäude von 40 Prozent auf 62 Prozent. Das entspricht dem Austausch des Ventilators in einer Anlage der Altersklasse 1 (Baujahr vor 2002).



Tabelle 1: Gesamtheitlicher Strombedarf der 116.00 RLT-Geräte in Büro- und Verwaltungsgebäuden in GWh/a in Abhängigkeit von der Altersklasse und von der Betriebsweise (Basis = KVS-System; V1 = VVS-System; V2 = VVS-System plus Ventilatortausch auf Wirkungsgrad 62%; der angesetzte alte Ventilatorwirkungsgrad ist jeweils abhängig von der Gerätealtersklasse)

Baujahr	Basis	V1	V2	
< 2002	658	376 - 43 %	261 - 60 %	GWh/a
2002 - 2007	402	248 - 38 %	184 - 54 %	GWh/a
2008 - 2013	301	222 - 26 %	174 - 42 %	GWh/a
> 2014	213	196 - 8 %	159 - 25 %	GWh/a
Summe	1.574	1.042 - 34 %	778 - 51 %	GWh/a

Tabelle 2: Ergebnisse zu Investitionen, CO₂-Einsparpotenzialen und CO₂-Vermeidungskosten für die untersuchten Varianten VVS-Betrieb und Ventilatortausch

	Maßnahme V1	Maßnahme V2
Gesamtinvestitionen	380 Mio. Euro	634 Mio. Euro
CO ₂ -Einsparpotenzial	267.000 t/a	399.686 t/a
CO ₂ -Vermeidungskosten	- 208 Euro/t	- 203 Euro/t

2. Zur Umstellung der Lüftungsanlage vom KVS- auf einen VVS-Betrieb wird eine Zonierung des Gebäudes vorgenommen. Dabei werden für die verschiedenen Raumarten spezifische Zuluft-Nutzungsprofile vorgegeben.

Basis zur Beurteilung der Effizienz und für die Optimierungen ist die KVS-Lüftungsanlage. Die Variante V1 berücksichtigt die Umstellung der Anlage auf einen VVS-Betrieb. Bei der Variante V2 kommt zusätzlich zur Variante V1 noch ein Ventilatortausch hinzu. Der neue Wirkungsgrad beträgt dann 62 Prozent. Die wichtigsten Ergebnisse dieser Maßnahmen lauten:

Die Basis-RLT-Anlage verbraucht zur Luftförderung pro Jahr 62 MWh Strom. Dieser Verbrauch sinkt bei Variante V1 (VVS-Betrieb) um 48 Prozent auf 32 MWh/a und bei Variante V2 um 66 Prozent auf 21 MWh/a.

Im zweiten Teil der Studie wurden die Einsparpotenziale für die insgesamt 116.00 RLT-Anlagen in den Büro- und Verwaltungsgebäuden für jede Gerätealtersklasse in Summe berechnet. Dazu wurden alle Anlagen einer Altersklasse zusammengefasst und mit durchschnittlichen spezifischen Volumenströmen Simulationen durchgeführt, in denen die Effizienz der Ventilatoren und die Marktanteile von KVS und VVS in Abhängigkeit vom Gerätealter variabel verändert wurden.

2. Die Ergebnisse

Aus den Berechnungen ergeben sich für die Basisvariante und die Varianten V1 und V2 die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse.

Die in Tabelle 1 dargestellten Ergebnisse sind plausibel, da sich bei den älteren Anlagenklassen durch die Optimierungsmaßnahmen selbstverständlich höhere Einsparpotenziale ergeben als bei den neueren Anlagen.

In weiteren Berechnungen der Studie wurden für die verschiedenen Maßnahmen, jeweils hochgerechnet auf den betrachteten Gesamtbestand von 116.000 RLT-Geräten, die in Tabelle 2 dargestellten Gesamtinvestitionen für die Umstellungen der Lüftungsanlagen (VVS und Ventilatortausch), die damit einhergehenden möglichen CO₂-Emissionseinsparpotenziale sowie die CO₂-Vermeidungskosten (Investitionen abzüglich Einsparungen an Energie- und Betriebskosten) ermittelt.

3. Gesamtergebnis

Bei negativen Vermeidungskosten von etwa -200 bis -210 Euro/t CO₂ sind die beschriebenen Maßnahmen „Umstellen auf VVS-Betrieb“ und „Ersatz älterer ineffizienter Ventilatoren“ mit CO₂-Einsparpotenzialen bis etwa 400.000 Tonnen pro Jahr ökologisch sinnvoll und rechnen sich durch eine hohe Wirtschaftlichkeit mit kurzen Amortisa-

tionszeiten auch für Investoren und Anlagenbetreiber.

III. Teilstudie 2: Die Wärmerückgewinnung in RLT-Geräten

Die Studie zum Beitrag der Wärmerückgewinnung (WRG) in RLT-Geräten in Nichtwohngebäuden zur Energie- und CO₂-Verringerung wurde vom Umweltcampus Birkenfeld erstellt.

1. Vorgaben und Berechnungen

Die Berechnungen erfolgten auf der Basis von Daten aus dem Jahr 2017, in dem in Deutschland rund 23.280 zentrale RLT-Geräte mit Systemen zur Wärmerückgewinnung verkauft wurden. Für diese Geräte galten folgende durchschnittliche Angaben:

- Nennluftvolumenstrom pro Gerät = 14.000 m³/h,
- WRG-Systeme: Druckverlust $\Delta p = 340$ Pa, Rückwärmezahl = 0,732,
- Betrieb an 3.235 h pro Jahr (Bürogebäude),
- thermische Arbeit zur Luftkonditionierung 11,6 kWh_{th} pro m³/h pro Jahr.

Aus dem Gesamtvolumenstrom 23.280 Geräte · 14.000 m³/h = 326 Mio. m³/h folgt bei 3.250 Betriebsstunden pro Jahr und der spezifischen thermischen Arbeit zur Luftkonditionierung von 11,6 kWh_{th}/(m³/h) pro Jahr eine jährliche thermische Gesamtarbeit zur Luftkonditionierung von 3,781 · 10⁹ kWh/a. Von dieser thermischen Arbeit übernimmt die WRG einen Anteil von 73,2 Prozent, also 2,768 · 10⁹ kWh/a. Bei einem mittleren Emissionsfaktor von 0,30 kg CO₂/kWh_{th} verringert die WRG die CO₂-Emissionen somit jährlich um 830.400 t CO₂.

Aus dem zusätzlichen Druckverlust der WRG-Systeme von $\Delta p = 340$ Pa folgt aber ein erhöhter elektrischer Aufwand der Ventilatoren (angenommener Wirkungsgrad 60 Prozent). Dieser ergibt sich zu 166,7 · 10⁶ kWh/a, der zu einer Erhöhung der CO₂-Emissionen um 166,7 · 10⁶ kWh/a · 0,52 kg CO₂/kWh_{el} = 86.700 Tonnen CO₂ pro Jahr führt. Somit ergeben sich durch den Betrieb der WRG-Systeme Netto-CO₂-Einsparungen von 830.400 - 86.700 = 743.700 Tonnen CO₂ pro Jahr, also etwa 32 Tonnen CO₂ pro Jahr pro RLT-Gerät. Wird eine Betriebszeit von 15 Jahren berücksichtigt, folgt daraus eine Emissionsminderung von etwa 11,2 Millionen Tonnen CO₂. Welche wirtschaftlichen Aufwendungen sind dafür erforderlich?

Die Investitionen für ein WRG-System betragen bei einem Luftvolumenstrom von 14.000 m³/h durchschnittlich 21.000 Euro. Bei 23.280 Geräten folgen daraus Erstinvesti-

tionen von 489 Millionen Euro. Berücksichtigt werden muss auch der zusätzliche Strombedarf durch den Druckverlust der WRG-Systeme. Daraus folgen in 15 Jahren Kosten von $166,7 \cdot 10^6 \text{ kWh/a} \cdot 15 \text{ a} \cdot 0,164 \text{ Euro/kWh}_{\text{el}} = 410$ Millionen Euro. Hinzu kommen Aufwendungen für Abzinsungen, Wartung etc., die pauschal mit 10 Prozent der Investitionskosten = 49 Millionen Euro angesetzt werden. In Summe ergeben sich dadurch in 15 Jahren Gesamtaufwendungen von 948 Millionen Euro.

Diesem Aufwand stehen die Gewinne durch die Wärmerückgewinnung gegenüber. Diese betragen $2,768 \cdot 10^9 \text{ kWh/a} \cdot 15 \text{ a} = 41,5 \cdot 10^9 \text{ kWh}_{\text{th}}$. Bei Kosten für die thermische Energie von 0,084 Euro/kWh ergeben sich finanzielle Einsparungen von 3,488 Milliarden Euro.

2. Die Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Berechnungen (Tabelle 3) lauten: Bei Einsparungen von rund 3,488 Milliarden Euro (thermische Arbeit) gegenüber Aufwendungen von 948 Millionen Euro (Investition, Betrieb, Wartung) ergibt sich in 15 Jahren ein Gewinn von netto rund 2,54 Milliarden Euro. Gleichzeitig führt der Betrieb der WRG-Systeme zu einer Verringerung der CO₂-Emissionen um mehr

Tabelle 3: Aufwendungen und Einsparungen durch den Betrieb eines WRG-Systems in einer zentralen RLT-Anlage (Luftvolumenstrom 14.000 m³/h) über einen Zeitraum von 15 Jahren

Kosten	
- Investition	489 Mio. Euro
- Strom	410 Mio. Euro
- Sonstige	49 Mio. Euro
Einsparung Wärme	3.488 Mio. Euro
Einsparung Summe	2.540 Mio. Euro
Ökologie	
Einsparung Wärme	12,46 Mio. t CO ₂
Aufwand Strom	1,30 Mio. t CO ₂
Einsparung Summe	11,16 Mio. t CO ₂

als 11 Millionen Tonnen. Das bedeutet: Jede RLT-Anlage spart pro Jahr durchschnittlich 7.270 Euro an Betriebskosten und 32 Tonnen CO₂-Emissionen ein.

Als weitere Parameter wurden in der Studie folgenden Annahmen berechnet:

- Die berücksichtigten 23.280 RLT-Anlagen arbeiten im Jahresbetrieb durchschnittlich

Tabelle 4: CO₂-Vermeidungskosten der WRG-Systeme für die Betrachtungszustände „Volllast“ und „Teillast“ (80 Prozent der Nennluftmenge) ohne und mit Berücksichtigung von Netto-Kosteneinsparungen während der Betriebszeit. Die Angaben zu „mit Minderung“ berücksichtigen alle möglichen Minderinvestitionen für die Anlagen zur Wärme- und Kälteerzeugung, die infolge des Betriebs der Wärmerückgewinnung dann mit erheblich geringeren Leistungen ausgeführt werden können.

	Berücksichtigung von Betriebskosteneinsparungen	
	ohne	mit
Volllast	45 Euro/t CO ₂	-216 Euro/t CO ₂
mit Minderung	3 Euro/t CO ₂	-254 Euro/t CO ₂
Teillast	55 Euro/t CO ₂	-209 Euro/t CO ₂
mit Minderung	4 Euro/t CO ₂	-255 Euro/t CO ₂

lich mit 80 Prozent der Nennluftleistung. Dadurch verringert sich zwar die Jahresarbeit der rückgewonnenen Wärme, aber gleichzeitig sinkt – überproportional stark – die notwendige elektrische Arbeit der Ventilatoren zur Überwindung der Druckverluste der WRG-Systeme.

- In vielen Fällen können von den Investitionskosten für eine WRG kalkulativer die Kosten der dann leistungsschwächer auszuliegenden Wärme- und Kälteerzeuger abgezogen werden. Im optimalen Fall sinken dann die Investitionskosten für eine WRG von etwa 21.000 Euro auf netto nur noch rund 1.500 Euro – so ein weiteres Ergebnis der Studie.

Auch für diese Fälle wurden in der Studie entsprechende Berechnungen zu CO₂-Minderungspotenzialen, zu Aufwendungen und letztlich zu CO₂-Vermeidungskosten durchgeführt. Dabei ergaben sich die in Tabelle 4 aufgeführten Werte.

3. Gesamtergebnis

Mit Vermeidungskosten von etwa -200 bis -250 Euro/t CO₂ zählen Systeme zur Wärmerückgewinnung zu den effizientesten und wirtschaftlichsten Maßnahmen zum Klimaschutz und zur Verringerung von CO₂-Emissionen. Die negativen Werte verdeutlichen, dass sich diese Maßnahmen für Betreiber bereits in kurzer Zeit amortisieren.

Würden alle RLT-Anlagen in Büro- und Verwaltungsgebäuden mit Baujahr vor 2002 mit einer effizienten Wärmerückgewinnung ausgestattet, ergäbe sich eine CO₂-Minderung um 1,9 Millionen Tonnen pro Jahr.

IV. Teilstudie 3: Klimakälte zur Luftkühlung

In der dritten Studie, erstellt vom ILK Dresden, geht es um den Energiebedarf zur Bereitstellung von Klimakälte zur Luftkühlung

in RLT-Geräten. Für einen Ausblick auf den Zeithorizont von 2020 bis 2030 wird angenommen, dass der Strompreis von 16,4 auf 20 Cent/kWh steigt und der Stromemissionsfaktor durch den dann höheren Anteil an regenerativen Energien zur Stromerzeugung von 518 auf 405 g CO₂/kWh_{el} sinkt.

1. Vorgaben und Berechnungen

Aus Analysen folgt, dass in den Büro- und Verwaltungsgebäuden etwa 58.000 Wasserkühlsätze zur Luftkühlung eingesetzt werden. Für die Berechnungen in der Studie wurde vereinfachend angenommen, dass in allen RLT-Anlagen die Luftkühlung durch Wasserkühlsätze erfolgt. Als Beispiel für die Simulationsrechnungen wurde eine Bürorutzung (Baujahr 2005) mit einer Fläche von 1.500 m², einer Kühllast von 25 W/m² und einem auf 18 °C zu kühlenden Außenluftvolumenstrom von 14.000 m³/h angesetzt. Die Lüftungsanlage wird an 3.250 h pro Jahr betrieben. Bei den Varianten V1 und V2 strömt die in der WRG von der Abluft vorgekühlte Außenluft mit einer Enthalpie von etwa 59 kJ/kg in den Luftkühler im RLT-Gerät ein. Es werden folgende Betriebsfälle betrachtet:

Basisvariante

- Nur-Luft-Klimaanlage mit maximal 35 Prozent Umluft, KVS-System, keine WRG,
- luftgekühlter Scroll-Wasserkühlsatz mit Kältemittel R407C (Füllmenge 21 kg), Leistung 120 kW, Betrieb 6/12 °C, Arbeitszahl SEER = 2,65.

Variante V1

- Nur-Luft-Klimaanlage mit WRG-System (Rückwärmehzahl 75 Prozent), VVS-Betrieb,
- luftgekühlter Kolben-Wasserkühlsatz mit Kältemittel Propan (Füllmenge 8 kg), Leistung 120 kW, Betrieb 8/14 °C, integrierte freie Kühlung, Arbeitszahl SEER = 3,88.

Variante V2

- Luft-Wasser-Klimasystem mit WRG-System (Rückwärmezahl 75 Prozent), VVS-Betrieb reduziert auf Luftvolumenstrom 9.000 m³/h, zusätzliche Kühldecke zur Deckung der Kühllast,
- luftgekühlter Kolben-Wasserkühlsatz mit Kältemittel Propan (Füllmenge 6 kg), Leistung 86 kW, Betrieb 8/14 °C, integrierte freie Kühlung, Arbeitszahl SEER = 4,28.

Für diese Varianten wurden zunächst für das Basisjahr die Berechnungen zum Energieverbrauch des Wasserkühlsatzes und die CO₂-äquivalenten Emissionen auf Basis des TEWI-Ansatzes berechnet. Dabei berücksichtigt TEWI (Total Equivalent Warming Impact) die durch den Betrieb des Wasserkühlsatzes hervorgerufenen CO₂-Emissionen infolge von direkten Effekten (Ausströmen von Kältemittel durch Leckagen in die Umwelt), von indirekten Effekten (CO₂-Emissionen durch den Stromverbrauch) und von Kältemittelverlusten bei der Außerbetriebnahme des Geräts.

2. Die Ergebnisse

Eine Gesamtdarstellung der Ergebnisse der Berechnungen zeigt Tabelle 5 (gerundete Werte).

Die Wirtschaftlichkeit der Maßnahmen berücksichtigt die Kosten zum Ersatz der alten Kälteanlagen durch Neuinstallationen von Propan-Wasserkühlsätzen inklusive Nebenaggregaten und MSR-Technik plus die Investitionen in die Kühldecke. Einsparungen im Vergleich zur Basis (R407C-Wasserkühlsatz) ergeben sich aus den nun geringeren Betriebskosten der neuen Wasserkühlsätze. Die Ergebnisse dazu stehen, umgerechnet auf Kosten pro Jahr, in Tabelle 6.

Aus den vorherigen Berechnungen und den Angaben in den Tabellen 5 und 6 ergeben sich für die beiden Varianten CO₂-Vermeidungskosten von rund 250 Euro/t CO₂ (Variante V1) und 470 Euro/t CO₂ (Variante V2). Diese Werte verringern sich um je etwa 20 bis 30 Euro/t CO₂, wenn für den Zeitraum 2020 bis 2030 etwas höhere Stromkosten und etwas geringere CO₂-Emissionen pro kWh_a angenommen werden.

In einem weiteren Beispiel wurden in der Studie ähnliche Berechnungen für eine auf 4.500 m² vergrößerte, zu kühlende Bürofläche und einen Luftvolumenstrom von 42.000 m³/h durchgeführt. Eingesetzt wird nun ein Turbo-Wasserkühlsatz mit dem Kältemittel HFO 1234ze. Dieser hat eine Kälteleistung von 350 kW und eine Arbeitszahl von SEER = 6,2. Aus der dafür berechneten Erzeugernutzkälteabgabe von

Herstellerverband
Raumluftechnische Geräte e.V.



EIN GARANT FÜR QUALITÄT UND EFFIZIENZ



Ein starkes Duo!
Energieeffizienz und Regelkonformität bilden ein starkes Duo und sichern maximale Zuverlässigkeit. **Zwei Labels auf der Überholspur - Europaweit.**



Neugierig geworden?
Hier erfahren Sie mehr:



Herstellerverband Raumluftechnische Geräte e.V.
Danziger Straße 20 • 74321 Bietigheim-Bissingen
info@rlt-geraete.de • www.rlt-geraete.de



Tabelle 5: Jährliche Verbrauchs- und TEWI-Werte für die untersuchten Varianten (V1 = Propan-Wasserkühlsatz, V2 = Propan-Wasserkühlsatz, reduzierter Zuluftvolumenstrom, Einsatz einer Kühldecke)

	Erzeugernutz-kälteabgabe	Endenergiebedarf	TEWI (kg CO ₂ /a)	CO ₂ -Vermeidung
Basis	42.800 kWh/a	634 Mio. Euro	11.600	
V1	40.800 kWh/a	399.686 t/a	5.400	5,1 t/a
V2	31.000 kWh/a	-203 Euro/t	3.750	5,9 t/a

Tabelle 6: Jährliche Kosten für Investitionen, elektrische Energie und sonstige (Service, Wartung, Inspektion, Instandhaltung) für die drei Varianten

	Investitionen	Kosten Strom	Kosten sonst.
Basis	0 Euro/a	2.660 Euro/a	220 Euro/a
V1	2.260 Euro/a	1.720 Euro/a	170 Euro/a
V2	4.230 Euro/a	1.190 Euro/a	240 Euro/a

rund 122.500 kWh/a folgt mit der Arbeitszahl 6,2 ein Endenergiebedarf von etwa 19.800 kWh/a (TEWI = 10.250 kg CO₂/a). Werden für diese Kälteanlage Investitionskosten von rund 6.000 Euro/a, Stromkosten von 3.240 Euro/a, sonstige Kosten von 310 Euro/a und ein CO₂-Einsparpotenzial von 21.900 t/a berücksichtigt, ergibt sich für die CO₂-Vermeidungskosten ein vergleichsweise guter Wert von 41 Euro/t CO₂. Dieser verbessert sich auf -7 Euro/t CO₂ bei den Annahmen für die Zeitperiode 2020 bis 2035.

Für eine abschließende Zusammenfassung der Ergebnisse wurde der Gesamtbestand der 58.000 Wasserkühlsätze auf diese drei Varianten verteilt. Als Mittelwert aus den betrachteten Varianten ergeben sich CO₂-Vermeidungskosten von etwa 107 Euro/t CO₂ und ein CO₂-Einsparpotenzial von rund 700.000 Tonnen pro Jahr.

3. Gesamtergebnis

Der Ersatz einer bestehenden R407C-Kälteanlage durch eine Propan-Kälteanlage ist aufgrund der dadurch erreichbaren hohen CO₂-Einsparpotenziale eine gute ökologische Maßnahme. Infolge der hohen Investitionskosten, den - vergleichsweise geringen - Einsparungen an Betriebs- und Energiekosten, den daraus folgenden hohen CO₂-Vermeidungskosten und den sehr langen Amortisationszeiten ist diese Maßnahmen für Betreiber allerdings unwirtschaftlich. Jedoch sinken bei größeren Kälteleistungen die CO₂-Vermeidungskosten spürbar und können sogar eine Wirtschaftlichkeit erreichen.

Deutlich günstiger sieht die Situation aus, wenn die bestehende Kälteanlage sowieso ersetzt werden muss. Eine neue Kälteanlage hat eine Betriebszeit von etwa 15 bis 20 Jah-

ren. Dann ist es sehr empfehlenswert, aufgrund der Kältemittelproblematik eine nachhaltige Lösung mit natürlichen oder Gering-GWP-Kältemitteln zu wählen: Die F-Gase-Verordnung fordert den langsamen Ausstieg aus den synthetischen Kältemitteln mit hohen Treibhauspotenzialen. Zudem fördert das BAFA Kälteanlagen mit natürlichen Kältemitteln mit etwa 20 Prozent der Investitionen.

V. Gesamtergebnis und Fazit

Zusammengefasst ergeben sich aus den drei Teilstudien zu zentralen RLT- und Klimaanlage in Büro- und Verwaltungsgebäuden die in Tabelle 7 aufgeführten durchschnittlichen Werte zu den durch WRG-Systeme und Optimierungsmaßnahmen an den RLT-Anlagen erreichbaren CO₂-Vermeidungskosten.

Die Maßnahmen Wärmerückgewinnung, VVS-Betrieb und Ventilatortausch haben CO₂-Vermeidungskosten von rund -200 bis -250 Euro/t und sind daher sowohl aus Sicht des Umweltschutzes als auch für Betreiber und Investoren aufgrund hoher Einsparungen bei den Betriebs- und Energiekosten sehr lukrativ und wirtschaftlich. Der

Tabelle 7: Durchschnittliche CO₂-Vermeidungskosten der in den drei Studien durchgeführten Berechnungen und Optimierungsmaßnahmen an zentralen Lüftungsanlagen in Büro- und Verwaltungsgebäuden in Deutschland

	CO ₂ -Vermeidungskosten
VVS-Betrieb	-208 Euro/t CO ₂
VVS-Betrieb + Ventilatortausch	-203 Euro/t CO ₂
WRG-Betrieb: Volllast	-216 bis -254 Euro/t CO ₂
Teillast	-209 bis -255 Euro/t CO ₂
Einsatz neuer Kälteanlagen	107 Euro/t CO ₂

Einsatz neuer Kälteanlagen hat zwar hohe Potenziale zur Verringerung von CO₂-Emissionen, ist aber mit durchschnittlichen CO₂-Vermeidungskosten über 100 Euro/t CO₂ in der Regel nicht wirtschaftlich. Trotz dieser geringen Wirtschaftlichkeit ist und bleibt die Kältetechnik ein unverzichtbarer Bestandteil der Klimatechnik. In zentralen Lüftungs- und Klimaanlage wird zwingend Kälteleistung zur Kühlung und Entfeuchtung der Außenluft zur Zuluft benötigt, um in den Räumen auch in heißen Sommern thermisch angenehme Arbeitsbedingungen sicherzustellen. Und das ist ja das eigentliche Hauptziel der Lüftungs- und Klimatechnik. ◀