

Lüftungsgeräte mit Heiz- und Kühlfunktion

Effizient, preiswert, standardisiert: Rooftop-Wärmepumpen-Einheiten



DIPL.-ING. LARS KELLER*

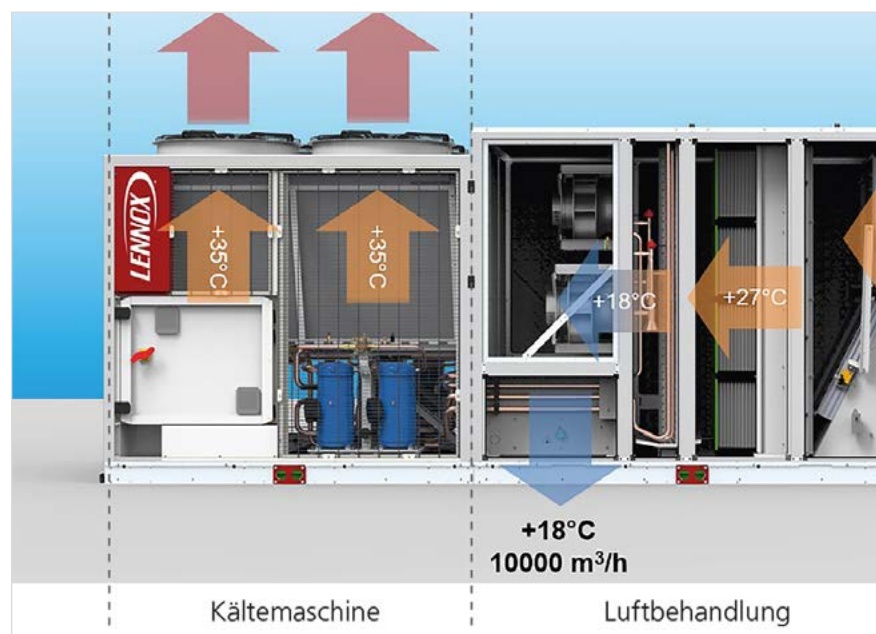
Immer öfter finden bei der Klimatisierung von Lagerhallen, Tankstellen, Bürokomplexen und Restaurants sogenannte Rooftop-Einheiten den Vorzug gegenüber herkömmlichen RLT-Geräten. Als größte Vorteile können die Zeitersparnis bei Planung, Installation und Inbetriebnahme sowie geringe Investitionskosten genannt werden. Gerade bei der Klimatisierung von großen Lagerhallen haben die „Plug & Play“-Lösungen ihre Berechtigung gefunden. Ausführungen als Wärmepumpengeräte sind bereits Standard. Doch wo genau sind die Unterschiede zu den herkömmlichen RLT-Geräten, wo findet eine Abgrenzung statt?

Bei einer Rooftop-Unit (RTU) handelt es sich um ein kompaktes Lüftungsgerät mit Heiz- oder Kühlfunktion. Die Installation erfolgt (entsprechend der Namensgebung) normalerweise auf dem Dach von Gebäuden, sie kann aber auch ebenerdig, z. B. auf einer Bodenplatte, aufgestellt werden. Immer öfter finden diese Geräte im Mietgeschäft Einsatz. Bild 1 zeigt den typischen Geräteaufbau einer Rooftop-Einheit. Hieraus wird ersichtlich, dass die umschaltbare Luft-Luft-Wärmepumpe direkt mit den Sektionen Luftbehandlung, Abluft und Wärmerückgewinnung fest auf einem Grundrahmen zu einer Einheit verbunden ist. Es sind auch Wasser-Luft-Wärmepumpenausführungen verfügbar, jedoch dominiert die Anwendung mit Luft als Rückkühlmedium aufgrund der größeren Unabhängigkeit und Flexibilität bei Außenauflistung. Da bei einer Rooftop-Einheit alle Sektionen fertig auf einem Grundrahmen montiert sind, gibt es aus diesem Grunde natürliche Begrenzungen. Die maximale Baugröße liegt derzeit ungefähr bei einer Luftleistung

von 50.000 m³/h, einer Kälte- bzw. Heizleistung von 270 kW, als externe Luftpressung können 1.000 Pa erzielt werden. Aufgrund der begrenzten maximalen Luftgeschwindigkeiten im Gerät sowie der Limitierung der Gehäusebaugröße für den Transport mit einem Standard-LKW sind auch in Zukunft keine signifikanten Luftmengenerhöhungen zu erwarten.

Funktionsprinzip

Das Funktionsprinzip mit Wärmerückgewinnungsrad für den Winterfall ist in Bild 2 dargestellt. Bei 100 % Umluft (RCA) ist der Rotationswärmetauscher aus, die Zuluft (SUP) wird durch die Wärmepumpe von 20 °C auf 23 °C erwärmt. Bei 50 % Umluft (RCA) und 50 % Außenluft (ODA) ist die WRG in Betrieb und erwärmt ODA von -10 °C auf +10 °C, durch die Mischung mit der 20 °C warmen Abluft (ETA) entsteht eine Mischlufttemperatur von 15 °C. Durch die Wärmepumpe wird diese auf 23 °C Zuluft (SUP) erwärmt. Bei 100 % Außenluft (ODA) wird die Außenluft

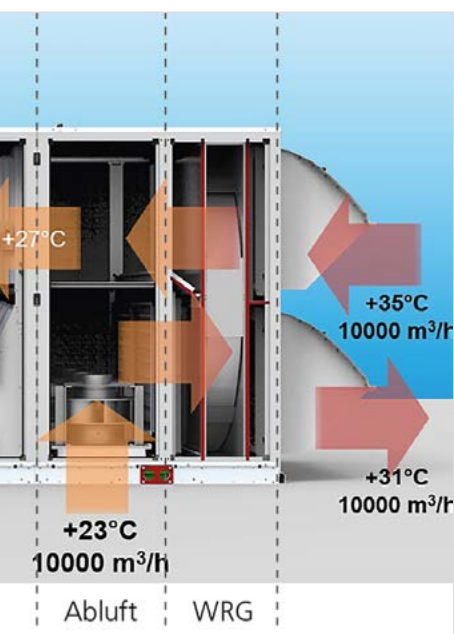


▲ Bild 1 • Geräteaufbau einer Rooftop-Einheit. Bild: Lennox Deutschland GmbH

von -10 °C auf +8 °C erwärmt. Durch die Wärmepumpe erfolgt dann eine Erwärmung auf 23 °C Zulufttemperatur. Bild 3 verdeutlicht den Sommerfall. Auch hier ist bei 100 % Umluft (RCA) der Rotationswärmetauscher logischerweise aus, die Zuluft (SUP) wird durch die Kältemaschine um 5 K auf 18 °C gekühlt. Bei 50 % Umluft (RCA) und 50 % Außenluft (ODA) ist der Rotationswärmetauscher in Betrieb und kühlt die ODA von 35 °C auf 25 °C herab, die restliche Kühlung auf 18 °C Zuluft (SUP) wird durch die Kältemaschine erbracht. Bei 100 % Außenluft wird die Außenluft über die Wärmerückgewinnung (bzw. in diesem Fall Kälterückgewinnung) auf 27 °C abgekühlt, durch die Kältemaschine erfolgt dann die weitere Abkühlung auf 18 °C Zulufttemperatur. Abhängig von der Verdampfungstemperatur kann in diesem Fall die Entfeuchtung beeinflusst werden. Um eine ausreichende Temperatur- und Feuchteregelung zu erreichen, wird der Einsatz von drehzahlgeregelten Scroll-Verdichtern sowie Multiverdichter-Anwendungen empfohlen.

Abgrenzung zwischen Rooftop und RLT-Gerät

Hier betrachten wir die Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG, diese legt Rahmenbedingungen für alle energieverbrauchenden Geräte fest. Sie ist für alle in der Europäischen Union verkauften und verwendeten Produkte verbindlich. Die Bestimmungen, die sich



Luftheizungsgeräte	$\eta_{s,h}^{1)}$ in %
Mit Brennstoffen betriebene Luftheizungsgeräte, mit Ausnahme von B ₁ -Luftheizungsgeräten mit einer Nennwärmeleistung von unter 10 kW und von C ₂ - und C ₄ -Luftheizungsgeräten mit einer Nennwärmeleistung von unter 15 kW	78
Elektrisch betriebene Luftheizungsgeräte	31
Mit einem Elektromotor betriebene Luft-Luft-Wärmepumpen, mit Ausnahme von Rooftop-Wärmepumpen	137
Rooftop-Wärmepumpen	125
Mit Verbrennungsmotor mit innerer Verbrennung betriebene Luft-Luft-Wärmepumpen	130

¹⁾ In den jeweiligen Tabellen in diesem Anhang und in der technischen Dokumentation auf eine Dezimalstelle gerundet anzugeben.

Kühlungsprodukte	$\eta_{s,c}^{1)}$ in %
Luft-Wasser-Kühler mit einer Nennkühlleistung < 400 kW bei Antrieb mit einem Elektromotor	161
Luft-Wasser-Kühler mit einer Nennkühlleistung \geq 400 kW bei Antrieb mit einem Elektromotor	179
Wasser-Wasser-Kühler und Sole-Wasser-Kühler mit einer Nennkühlleistung < 400 kW bei Antrieb mit einem Elektromotor	200
Wasser-Wasser-Kühler und Sole-Wasser-Kühler mit einer Nennkühlleistung < 1.500 kW bei Antrieb mit einem Elektromotor	252
Luft-Wasser-Kühler mit einer Nennkühlleistung \geq 400 kW bei Antrieb mit einem Verbrennungsmotor mit innerer Verbrennung	154
Mit einem Elektromotor betriebene Luft-Luft-Raumklimageräte, mit Ausnahme von Rooftop-Raumklimageräten	189
Rooftop-Raumklimageräte	138
Mit einem Verbrennungsmotor mit innerer Verbrennung betriebene Luft-Luft-Raumklimageräte	167

¹⁾ In den jeweiligen Tabellen in diesem Anhang und in der technischen Dokumentation auf eine Dezimalstelle gerundet anzugeben.

▲ **Tabelle 1 • Mindestanforderung an den Raumheizungs-Jahresnutzungsgrad $\eta_{s,h}$ von Luftheizungsprodukten (oben) und Raumkühlungs-Jahresnutzungsgrad $\eta_{s,c}$ von Kühlprodukten (unten).**

Quelle: EU-Verordnung 2016/2281, Anhang II, Tabelle 2 und 4

aus der Ökodesign-Richtlinie ergeben, legen für jede Produktfamilie Mindestwirkungsgrade fest, siehe Tabelle 1. Die Einhaltung der jeweils relevanten Verordnung ist Grundlage der Berechtigung zur CE-Kennzeichnung und somit zum Inverkehrbringen der Geräte. Für unseren Fall sind unter anderen folgende Verordnungen zu berücksichtigen:

► EU 2016/2281 für Rooftops/Roomtops, Komfort-Kaltwassersätze (Kühlen) und Hochtemperaturkühler

► EU 1253/2014 für Lüftungsgeräte
Jedes Produkt kann nur unter eine Verordnung fallen. Interpretationsbedürftig scheint die Zuordnung der Rooftops zwischen der EU-Verordnung 1253/2014 für Lüftungsgeräte und der EU-Verordnung 2016/2281 zu sein, da es sich bei einem Rooftop um ein integriertes Gerät mit mehreren Funktionen handelt. Allerdings werden in der EU-Verordnung 1253/2014 in Artikel

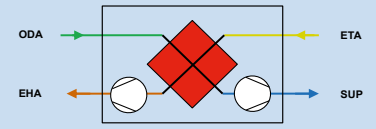
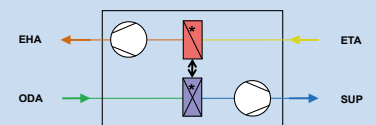
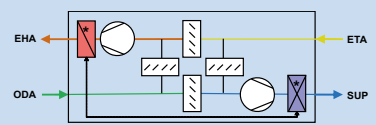
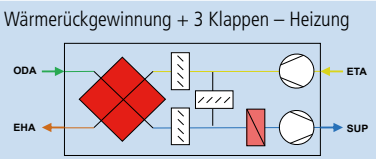
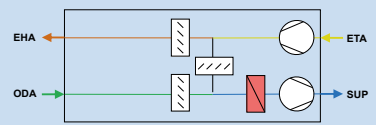
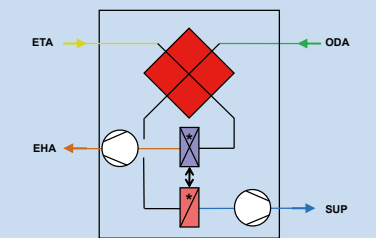
1 „Gegenstand und Geltungsbereich“ Luftbehandlungsgeräte mit Wärmepumpenfunktion ausgeschlossen. Hier heißt es wörtlich:

„(2) Diese Verordnung gilt nicht für Lüftungsanlagen, die [...]

g) einen Wärmetauscher und eine Wärmepumpe zur Wärmeabgewinnung beinhalten oder eine Wärmeübertragung oder -entnahme über die des Wärmerückgewinnungssystems hinaus ermöglichen, mit Ausnahme der Wärmeübertragung zum Frostschutz oder zum Abtauen“.

Die Frage, welche Lüftungsanlagen in den Geltungsbereich der EU-Verordnung 1253/2014 fallen oder nicht, wurde im Dokument „EVI/AEurovent Leiftaden zu Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen“ mit folgender Begründung nochmals geklärt:

„Kern der Verordnung ist die Spezifikation der Lüftungsfunktion einer Anlage. Stellt die Anlage zusätzliche Funk-

Nr.	Gestaltung der Anlage	Anmerkungen	EU 1253/2014 und EU 1254/2014
1	Nur Wärmerückgewinnung 		Enthalten im Geltungsbereich
2	Nur Luft-Luft-Wärmepumpe 	Für Lüftungsanlagen mit einer Wärmepumpe ausschließlich für die Wärmerückgewinnung sind keine Leistungsdaten verfügbar. Dieses System gestattet zusätzliche Wärmeübertragung zur Wärmerückgewinnung. Dieses System ist in EU 2016/2281 (Lot 21) zu regeln, dadurch wird Doppelregulierung vermieden. Vorwiegend Heizung oder Kühlung.	Ausgeschlossen aus dem Geltungsbereich
3	Nur Wärmepumpe, 4 Klappen, sogenanntes Rooftop-Gerät 	Rooftop-Wärmepumpe und Rooftop-Klimagerät wie in EU 2016/2281 (LOT 21) definiert, sind hauptsächlich zum Heizen oder Kühlen konstruiert und müssen ihre eigenen Ökodesign-Anforderungen erfüllen.	Ausgeschlossen
4	Wärmerückgewinnung + 3 Klappen – Heizung 	Das zusätzliche Heizen und Mischen hat keinen Einfluss auf die Wärmerückgewinnung. $SVL_{int} (SFP_{int})$ ist mit SUP- und ETA-Luftvolumenstrom zu berechnen.	Enthalten
5	Nur 3 Klappen 	In NWLA nicht mehr zulässig, da ZLA Wärmerückgewinnung aufweisen müssen, wenn der Zweck der Anlage überwiegend Lüftung ist. Anmerkung: Siehe Frage zur Rezirkulationsluft (Umluft)	Enthalten
6	Wärmerückgewinnung + Luft-Luft-Wärmepumpe 	Deutlich als „Ausgeschlossen“ spezifiziert, wenn die Wärmepumpe die Wärmerückgewinnung im Winter (Heizbetrieb) unterstützt. Wenn die Wärmepumpe nur zur Kälteerzeugung (Sommerbetrieb) betrieben wird, werden Verflüssiger und Verdampfer als zusätzliche Komponenten betrachtet.	Ausgeschlossen Enthalten

◀ Tabelle 2 • Lüftungsanlagen, die aufgrund ihrer Gestaltung in den Geltungsbereich der EU-Verordnung 1253/2014 fallen bzw. nicht fallen.
Quelle: EVIA/Eurovent Leitfaden zu Anforderungen an die umweltgerechte Gestaltung von Lüftungsanlagen

tionen in Kombination mit Wärmepumpen oder durch Verwendung von Rezirkulations- oder Sekundärluft zur Verfügung, ist Lüftung möglicherweise nicht die Hauptfunktion.“

Es wird des Weiteren auf eine Tabelle mit 16 Punkten verwiesen, von denen die ersten sechs in Tabelle 2 wiedergegeben sind.

Somit fallen Rooftops nicht unter diese Verordnung, sondern sind, da sie einen Wärme- und Kälteerzeuger beinhalten (Wärmepumpe), konsequenterweise in der EU-Verordnung 2016/2281 geregelt.

Hier sind im Anhang I die folgenden Begriffsbestimmungen zu finden:

„38. „Rooftop-Wärmepumpe“ bezeichnet eine von einem elektrischen

Kompressor angetriebene Luft-Luft-Wärmepumpe, deren Verdampfer, Verdichter und Kondensator in ein gemeinsames Gehäuse integriert sind“ sowie „44. „Rooftop-Raumklimagerät“ bezeichnet ein mit einem elektrischen Verdichter betriebenes Luft-Luft-Raumklimagerät, dessen Verdampfer, Verdichter und Kondensator in ein gemeinsames Gehäuse integriert sind“.

Eine Möglichkeit, um bestimmen zu können, ob ein Gerät unter die EU-Verordnung 1253/2014 für Lüftungsgeräte fällt, haben EVIA (European Ventilation Industry Association) und Eurovent zusammen einen Entscheidungsbaum entwickelt, siehe Bild 4.

Vor- und Nachteile eines Rooftop-Gerätes im Vergleich zum Lüftungsgerät

Wie bereits festgestellt, erfüllen auf den ersten Blick beide Gerätebauarten die Bedingungen für die Belüftung und Klimatisierung von Gebäuden. Im Detail bestehen aber signifikante Unterschiede, die je nach Anwendung und Anforderung den Einsatz von entweder Rooftops oder Lüftungsgeräten rechtfertigen. Nachfolgend werden die beiden Geräteformen anhand wichtiger Punkte miteinander verglichen.

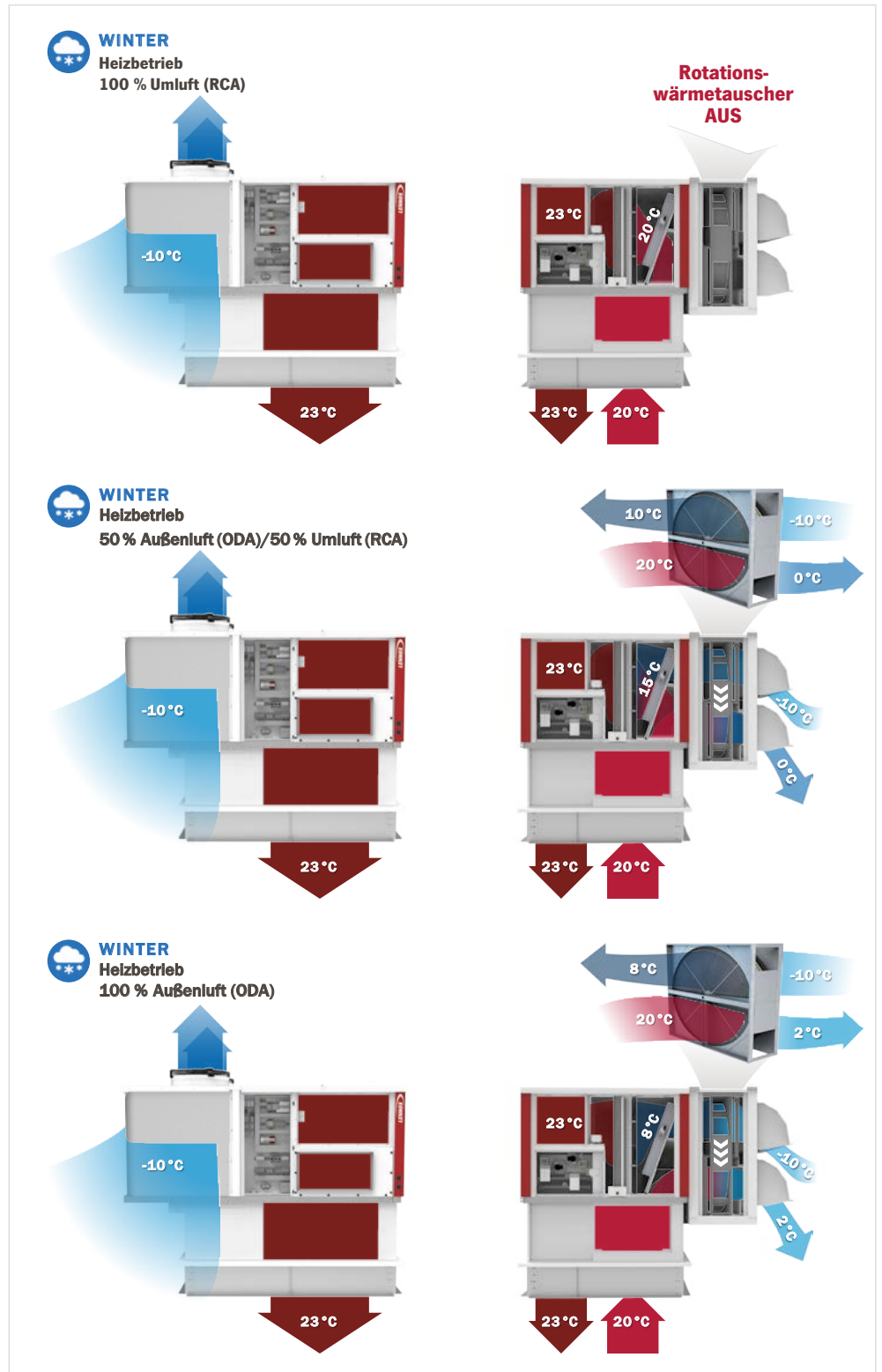
Flexibilität

Rooftop-Einheiten sind seriengefertigte, zertifizierte Produkte mit einer

hohen Fertigungsqualität, Modularität und Standardisierung. Die Einheit wird im Werk einem Testlauf unterzogen, es findet eine gleichzeitige Prüfung der Sektionen Kältemaschine, Luftbehandlung, Abluft, Wärmerückgewinnung und Regelung statt. Abhängig vom Hersteller sind viele Optionen verfügbar (z. B. Wasserregister, Gasbrenner, Elektroheizung), Luftvolumenströme bis ca. 50.000 m³/h bei maximal 1.000 Pa externer Pressung werden erreicht, Kälte- bzw. Heizleistung bis ca. 270 kW sind möglich. Jedoch ist hier nicht die gleiche Flexibilität sowie Individualisierung wie bei Lüftungsgeräten möglich, wo explizit auf Kundenwünsche- und Anforderungen tiefer eingegangen werden kann (Abmessungen, Schallanforderungen, Schaltschrankbau nach Werksnorm usw.). Eine Entfeuchtung ist systembedingt nur in den Einsatzgrenzen des Kälteprozesses möglich. Hingegen muss (soweit gefordert) eine Befeuchtung im Allgemeinen über einen externen Befeuchter erfolgen. Dies gilt auch für eine Fettabseidung und eine Geruchsneutralisation, die ebenfalls über weitere Komponenten im Kanalnetz realisiert werden müssen. Generell ist eine Abluftreinigung im industriellen Umfeld nur begrenzt möglich (Ölabscheidung u. ä.). Hygieneausführungen für Krankenhausanwendungen mit Erfüllung der VDI 6022 sind mit Rooftops nicht möglich.

Effizienz

Bezüglich der Effizienz ist bei Rooftop-Einheiten positiv zu bewerten, dass die Kälteerzeugung als unabhängiges Modul auf dem Grundrahmen montiert ist. Die Kompressionskälte und -wärmeerzeugung führt somit nicht zu luftseitigen Druckverlusten, die durch stärkere Ventilatoren kompensiert werden müssen, wie das z. B. bei im Zusammenhang mit Lüftungsgeräten installierten Lösungen der Fall ist. Durch die Direktverdampfung und -kondensation sind kein weiterer Wärmeübergang (wie bei wasserbeaufschlagten Registern) und keine Pumpen notwendig, Verteilverluste entfallen vollkommen. Effizienzkennzahlen geben Auskunft über das gesamte System. Somit haben in diesem Punkt Rooftop-Einheiten ihre Stärke. Lüftungsgeräte haben bei der Wahl und Auslegung der Wärmerückgewinnung, bei der Verschaltung sowie bei der Möglichkeit



der indirekten adiabaten und sorptionsgestützten Kühlung mehr Möglichkeiten, die Effizienz positiv zu beeinflussen. Eine pauschale Aussage, welche Bauart effizienter ist, und ein Vergleich der Betriebskosten können somit nicht vorgenommen werden.

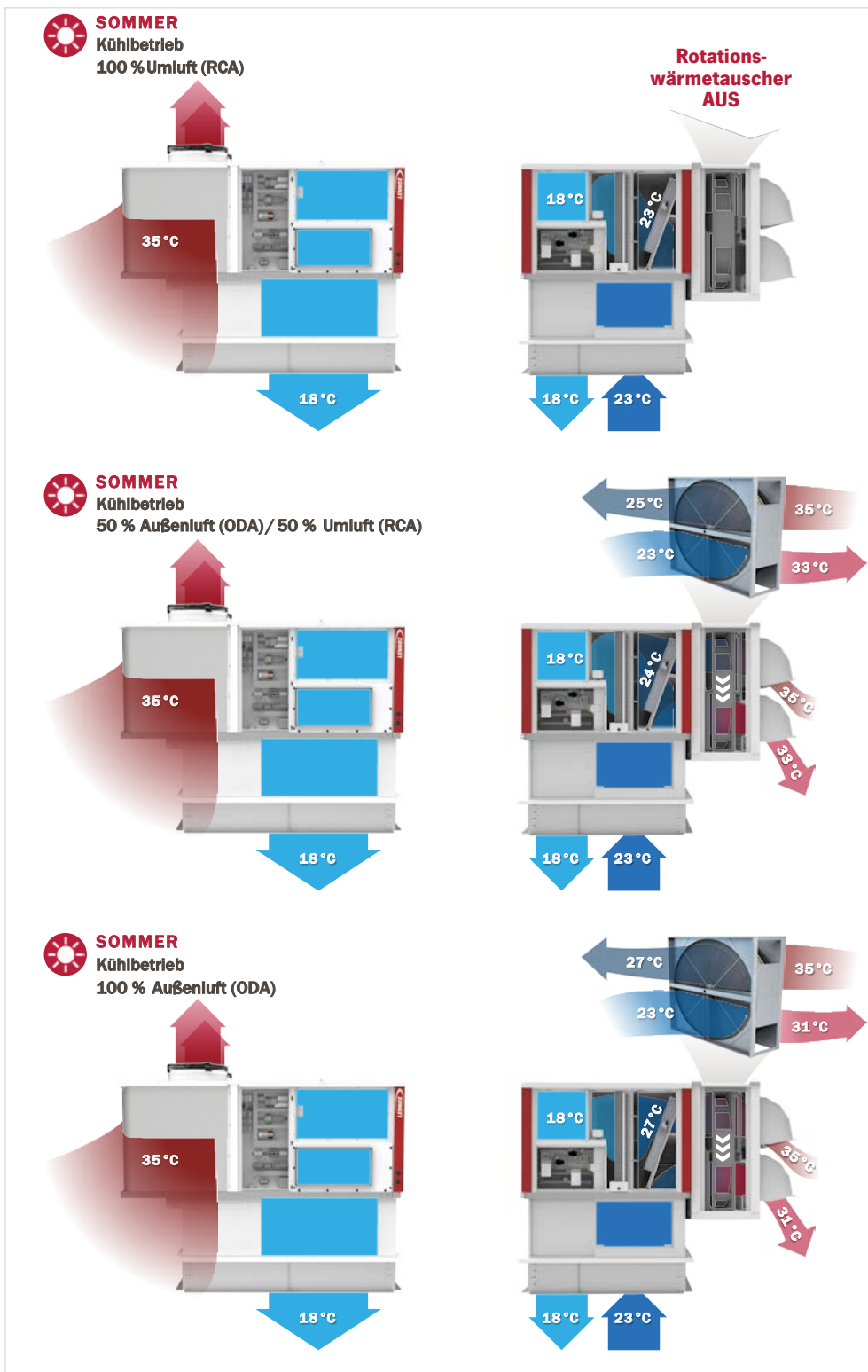
Montage und Inbetriebnahme

Da Rooftops standardisierte Geräte sind, ist der Planungsprozess sowohl durch vorhandene Dokumente und Daten im

klassischen DWG-Format als auch durch die Möglichkeit zur Nutzung BIM-fähiger Software vereinfacht. Schnittstellen mit beteiligten Gewerken reduzieren sich, Abmessungen und Gewicht sind in der Regel geringer als bei Lüftungsgeräten. RTUs werden als eine Komponente geliefert; hierdurch wird die Montage deutlich vereinfacht und beschleunigt. Sofern gewünscht, kann ein sogenannter Roofcurb oder Dachrahmen mit oder vorab geliefert werden, der lediglich

▲ Bild 2 • Funktionsprinzip der Rooftop-Einheit mit Wärmerückgewinnung im Winterfall. Bild: Lennox Deutschland GmbH

► Bild 3 • Funktionsprinzip der Rooftop-Einheit mit Wärmerückgewinnung im Sommerfall.
Bild: Lennox Deutschland GmbH



► Bild 4 • Entscheidungsbaum für Zuständigkeiten gemäß EU-Verordnung 1253/2014.
Quelle: EVIA – European Ventilation Industry Association/ Eurovent – European Industry Association for Indoor Climate, Process Cooling, and Food Cold Chain Technologies

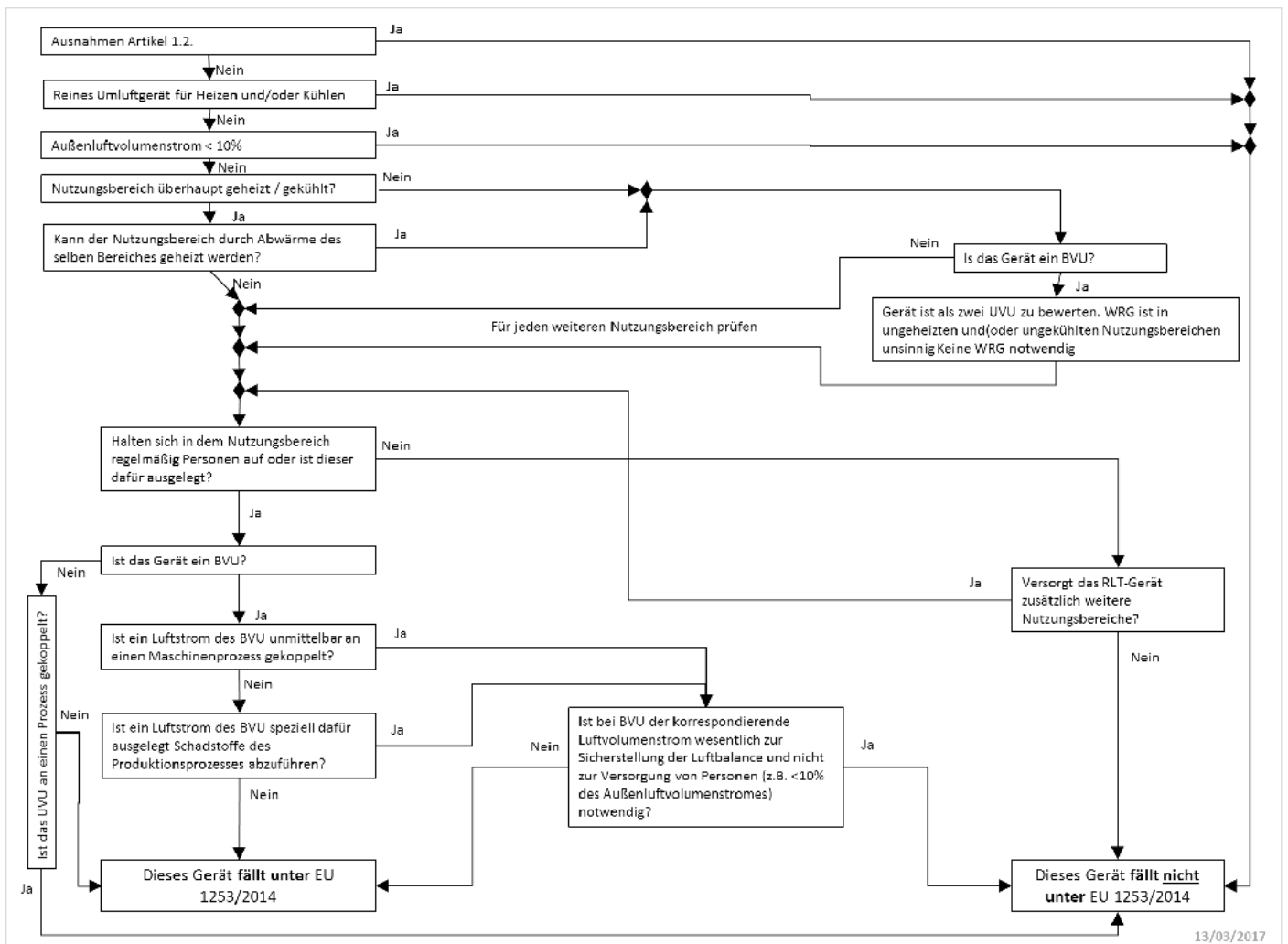
positioniert und ausgerichtet werden muss, wodurch sich die Montagezeit verkürzt. Aufgrund des Werksprobestands und des stimmigen Standardkonzepts verkürzt sich die Inbetriebnahme im Vergleich zu einem Lüftungsgerät. Es ist weniger Kältemittel erforderlich und der Fertigungsstandard ist höher als bei einer Kälteverrohrung auf der Baustelle. Die Wartung kann von einem Servicetechniker des Herstellers durchgeführt werden. Das spricht für die RTU. Aufgrund der kompakten Bauweise können

je nach Maschinenkonfiguration reduzierte Wartungsfreiräume vorzufinden sein. Durch die kompakte Bauweise, die Vorkonfiguration und die dadurch mögliche schnelle Inbetriebnahme haben Rooftop-Einheiten in den letzten Jahren auf dem Mietmarkt oftmals den Vorzug gegenüber luftgekühlten Kaltwassersätzen in Kombination mit Lüftungsgeräten erhalten. Eine Rooftop-Ausführung ist fast nur noch als Wärmepumpe erhältlich, reine Kälteausführungen verlieren aufgrund höhe-

rer Kosten bei Lagervorhaltung und Zertifizierung immer mehr an Bedeutung. Der Einsatz einer Wärmepumpe ist somit besonders in den Übergangszeiten Frühling und Herbst vorteilhaft.

Investitionskosten

Aufgrund der Serienfertigung und der kompakten Bauweise mit geringerem Materialaufwand kann man bei Rooftop-Einheiten von einer Reduzierung der Investitionskosten um 30-50 % gegenüber Lüftungsanlagen



gen ausgehen. Werden die Projekt- und Kundenanforderungen durch eine Rooftop-Einheit erfüllt, ist dies bezüglich der Investition die deutlich kostengünstigere Variante. Eine Aussage zu den Betriebskosten ist immer projektspezifisch zu ermitteln und pauschal nicht möglich.

Zusammenfassung

Rooftop-Einheiten können eine interessante Alternative zu RLT-Geräten darstellen, wenn die kundenseitigen Anforderungen damit erfüllt werden können. Besonders die vollständige Fertigung im Werk mit Probelauf und

Abstimmung der Gewerke Lüftung, Wärmepumpe und Regelung sind vorteilhaft zu bewerten. Dadurch wird eine Einsparung bei der Montage und Inbetriebnahme auf der Baustelle erreicht. Es wird empfohlen, eine Rooftop- und AHU-Einheit projektspezifisch gegenüber zu stellen und auf dieser Basis eine Entscheidung zu treffen.

*Diplomingenieur (FH) Lars Keller ist gelernter Zentralheizungs- und Lüftungsbauer. Nach der Lehre absolvierte er ein Studium der Versorgungstechnik an der FH in München. Die Diplomarbeit in Lüftungs- und Klimatechnik wurde mit der Note 1 abgeschlossen.

Er ist Sachkundiger für Wärmepumpensysteme nach VDI 4645. Er verfügt über 20 Jahre Erfahrung bei der Projektierung und dem Vertrieb von Kälte- und Klimaanlage und Wärmepumpen. Seit 2004 ist er Fachbuchautor mit folgenden Publikationen:

- Leitfaden für Lüftungs- und Klimaanlage, 5. Auflage
- Leitfaden für Kompressionswasserkühlsätze, 3. Auflage
- Leitfaden für Wärmepumpenanlagen, 1. Auflage (gemeinsam mit Markus Heigle).

www.tga-lars-keller.de

▲ Bild 5 • Logistikhub in Magdeburg eines großen Onlinehändlers mit 35 Rooftop-Geräten und über 900.000 m³ installiertem Luftvolumenstrom. Bild: Lennox Deutschland GmbH