



Ventilwärmeelemente zur dezentralen Zuluft-Nacherwärmung

***Wohnraumlüftung und -Heizung** innerhalb der mitteleuropäischen Klimazone erfolgt zunehmend durch hocheffiziente Luft/Luft-Wärmepumpen. An kalten Tagen gleichen Ventilwärmeelemente (siehe **Bild 1**) die Wärmepumpen-Leistungsunterdeckung mit einem elektrischen Arbeitsanteil von 9 – 15 % p. a. [1] aus oder heben bei Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung die Zulufttemperatur zur Vermeidung von Kaltluft-Zugerscheinungen an – einzelraumgeregelt, komfortabel und als Notbeheizung bei Wärmepumpen-Ausfall.*

1. Technologisches Umfeld

Zum besseren Verständnis der modernen Lüftungstechnik im Wohnungsbau, muss man sich mit der Bautechnik auseinandersetzen.

In der Historie beschränkte sich die Lüftungstechnik auf Toilette, Dunstabzug und Kachelofen-Luftheizung. Die Gebäude trugen durch ihre hohe Infiltration (Lüftung über Undichtigkeiten der Fenster, Türen, Bauwerksanschlüsse, usw.) zu einer Art Behelfslüftung bei, welche oft auch ausreichte.

Um die Lüftungsart energetisch zu bewerten, wurde in den Berechnungsverfahren ein empfohlener Luftwechsel pro Stunde von 0,4 – 0,6 (typischer Bereich aus der Praxis, ohne Infiltration) des Wohnraumvolumens angesetzt.

Dieser hygienische Mindestluftwechsel hat sich weitestgehend etabliert. Der resultierende Lüftungswärmebedarf spielte in der Vergangenheit eine untergeordnete Rolle, da der Transmissionswärmebedarf (Verluste über die Hülle) um ein vielfaches höher lag.

Mit steigenden Energiekosten und wachsendem Umweltbewusstsein änderte sich zunächst die Gebäudehülle, der „Wintermantel“ des Hauses. Verbesserte Baustoffe, deren optimierte Verarbeitung und höhere Gebäudedichtheit haben den Transmissionswärmebedarf immer geringer werden lassen, wodurch der Anteil des relativen konstanten Lüftungswärmebedarfes entsprechend steigt.

Die Notwendigkeit, ein dichtes Gebäude (siehe **Bild 2**) zu lüften, bedarf keiner Erklärung.

Die vielen Möglichkeiten dies zu tun, haben sich im Wesentlichen in zwei Hauptkategorien positioniert, welche auch – jede für sich – ihre Marktberechtigung besitzt: Hybrid- bzw. Kombisysteme und monoenergetische Systeme.

Im Folgenden konzentrieren wir uns auf monoenergetische Systeme – zentrale Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung.

- **Art: Zentral** → In einem zentral angeordneten Gerät wird Luft behandelt (z. B. gefiltert).
- **Zweck: Wohnungslüftung** → Diese Luft dient zur Lüftung von Wohnungen (z. B. Einfamilienhaus).
- **Nutzen: Wärmerückgewinnung** → Vorhandene Wärmeenergie wird zurückgewonnen. Durch den hohen Nutzen der Wärmerückgewinnung sinkt der Lüftungswärmebedarf am Heizenergiebedarf in der Regel um > 80 % [1].

Damit ist der absolute Wärmebedarf im Bereich Bautechnik (Gebäudehülle) und im Bereich Haustechnik (Wärmerückgewinnung) so optimiert, dass die eigentliche Heizung im Wohnungsneubau mehr oder weniger noch ein temporäres Überbleibsel des „das haben wir immer so gemacht“ ist.

Bei anhaltend geringerem Bedarf bemerkt der Planer bei kritischer Betrachtung, dass (unnötig) hohe Investitionen in konventionelle Heiztechnik ihre bisherige Daseinsberechtigung zunehmend verlieren (siehe **Bild 3**).

Die Notwendigkeit der Wohnungslüftung steht nicht mehr in Frage, ergo müsste schnell erkannt werden, welche Synergieeffekte die Lüftung bietet. In wie weit wir diese Eigenschaften für „All-in-One-Systeme“ nutzen können, um auf die herkömmliche Heizung zu verzichten, zeigt sich in den letzten Jahren vor allem im Bereich der Fertighausindustrie – mehr als 35 Fertighaushersteller in Deutschland haben die Vorteile erkannt und umgesetzt.

2. Unterscheidung: Monoenergetische All-in-One-Systeme – Wohnungslüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung

Durch einen hohen Vorfertigungsgrad und Qualitätsstandard bieten Fertighaushersteller viele Möglichkeiten, Ressourcen im Bereich der Energieeinsparung zu nutzen und auszubauen.

Ein geringer Heizwärmebedarf erlaubt es, Wohnungslüftungssysteme um einen



Bild 1: Ventilwärmeelement Baureihe „ultra“ in Wohnraumdecke. (Quelle: air-lab GmbH)

wesentlichen Baustein sinnvoll zu erweitern: die **Luft/Luft-Wärmepumpe**. Diese L/L-WP erfüllt einen wesentlichen Zweck: Sie erwärmt die bereits über die Wärmerückgewinnung vorgewärmte Luft bei Bedarf noch höher. Als primäre Energiequelle dient die Abluft aus dem Gebäude, welche noch Restenergie aus der Wärmerückgewinnung enthält. Diese wird durch den Wärmepumpenprozess einfach und energieeffizient genutzt, um den geringen Heizwärmebedarf weiter zu reduzieren.

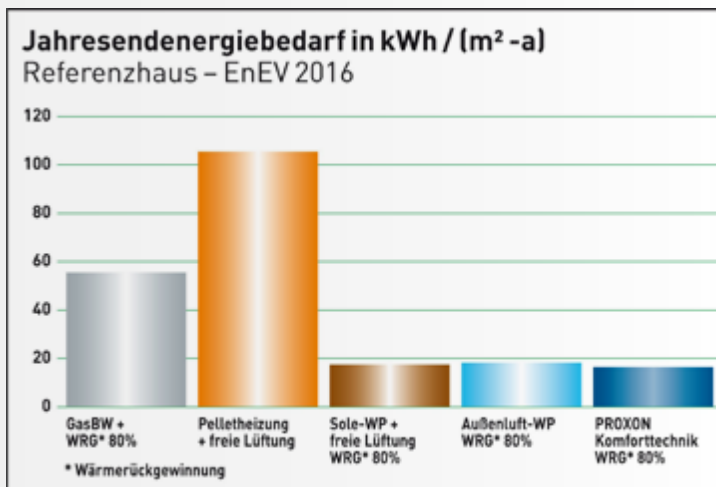
Anmerkung zum Wärmebedarf: Deutschlands gebäuderelevanter Endenergieverbrauch ist rückläufig (2008 – 2016 um 6,3 %). Gemäß dem Energiekonzept der Bundesregierung von 2010 soll der Indikator zwischen 2008 und 2020 um 20 % sinken. Mithilfe des „Nationalen Aktionsplans Energieeffizienz“ und der „Energieeffizienzstrategie Gebäude“ soll dieses Ziel erreicht werden. [2]

Auch die globale Erderwärmung bis 2050 wird die mittlere Wintertemperatur in Deutschland um 1,5 – 2 K steigen lassen [3], wodurch der Heizbedarf weiter sinken wird, während die Wärmepumpen-Kühlfunktion (reversibel) als Abfallprodukt dieser Technologie an heißen Tagen nutzbar ist.

Reduziert man „wenig“ um „etwas“, bleibt „etwas weniger“ bzw. „sehr wenig“ (Heizenergiebedarf) übrig. Diese triviale Ableitung ist



Bild 2: Aktuelles Fertighaus. (Quelle: SchwörerHaus)



Quelle: Prof. Dr. Hartmann, ITG Dresden, 10-17 (Gebäudefläche 156 m², Standort Potsdam)

Bild 3: Betriebskostenvergleich Heiz- / Lüftungssysteme. (Quelle: ZIMMERMANN Lüftungs- und Wärmesysteme GmbH & Co. KG / ITG Dresden)



Bild 4: Schnittdarstellung Ventilwärmeelement eVA 125 mit Tellervorsatz. (Quelle: air-lab GmbH)

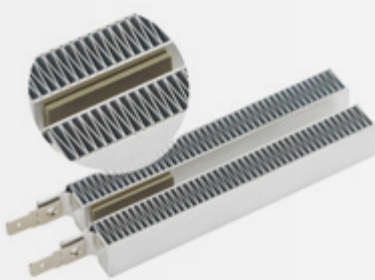


Bild 5: PTC-Register vor Verklebung mit Lamellen. (Quelle: air-lab GmbH)

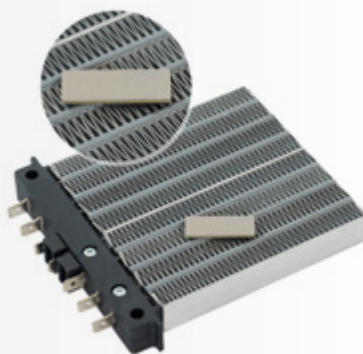


Bild 6: PTC-Register nach Verklebung und Abdeckung der Lamellen. (Quelle: air-lab GmbH)

die Grundlage für weitere **systemintegrierbare Bausteine, welche ein All-in-One-System vervollständigen.**

Die von der Wärmepumpe bei Bedarf nach-erwärmte Luft versorgt zentral die Wohnräume. Hierdurch wird ein relativ hoher Anteil an Heiz-wärmebedarf zentral abgedeckt. Um diesen Anteil weiter zu erhöhen, erfolgt eine weitere, bedarfsgeführte und **einzelraumgeregelte Nacherwärmung durch elektrische Ventilwärme-elemente (VWE).**

Im Vergleich zu wasserführenden Heiz-systemen hat Luft eine geringere spezifische Wärmekapazität. Ist jedoch der Wärmebedarf gering und genügt die notwendige Zuluftmenge, um diesen Bedarf zu decken, bietet das VWE Vorteile gegenüber bekannten Heizsystemen mit häufig unterschätzten bzw. versteckten Neben-kosten für Brennstoffbeschaffung, -Lagerung und Emissionskontrollen sowie für anteilige elektrische Energie.

Die dezent verborgenen VWE sitzen in der Raumluftmündung, also an der Stelle konventioneller Zuluftventile und übernehmen auch anteilig deren Funktion. Hierdurch erfolgt eine schnelle Temperaturregelung bei guter Durch-mischung der Raumluft. Wärmetransportverluste, wie sie bei einer zentralen Zuluft-Nacherwärmung anfallen und mit der eine Einzelraumregelung nicht möglich ist, werden hierdurch vermieden.

Kann die Wärmepumpe bei sehr niedrigen Außentemperaturen den Wärmebedarf nicht mehr abdecken, erfolgt durch Unterschreitung der Soll-Raumtemperatur die Einschaltung des VWE direkt durch ein Raumthermostat oder durch Buskopplung der L/L-WP. **PTC-Kaltleiter (Positive Temperature Coefficient) erhöhen die VWE-Leistungsabgabe (selbstregelnd)** bei weiter sinkender Wärmepumpen-Zulufttemperatur.

VWE decken nicht nur erforderliche Bedarfs-spitzen ab, sondern übernehmen auch einen Teil der Temperaturregelung, in bestgeeigneter Position – anders als mit sichtbaren Heizkörpern oder alternativen Wärmequellen im Raum ist ihr Erscheinungsbild dezent und unauffällig. VWE nehmen gerade nur den Bauraum ein, den auch Zuluftventile benötigen. Sie treten an deren Stelle und verhalten sich passiv bei ausreichender Wärmepumpenleistung oder aktiv, wenn die Wärmepumpe Unterstützung anfordert. VWE können bei (seltenen) Ausfällen des Kompressors die Grundwärmeversorgung abdecken.

In der Fertighausindustrie werden VWE seit 2007 eingesetzt und haben sich bewährt. Bisherige VWE verfügten über spezifizierte (OEM-)Schnittstellen zu Leitungssystemen (u. a. air-lab-Schlauchleitungssystem DN72,5) vorzugsweise für den Fertighausbereich. Für den Massivhaus- und andere Anwendungsbereiche, wurde die VWE-Baureihe eVA 125 (siehe Bild 4) entwickelt, welche nach einer Einleitung zur Funktionsweise PTC-basierter Wärmetechnik näher vorgestellt wird.

3. PTC-Funktion und -Wirkungsweise

Die Abkürzung PTC steht für Positive Temperature Coefficient. PTC-Elemente sind Kaltleiter (temperaturabhängige Widerstandsbau-elemente). Sie bestehen aus dotierten, polykristallinen keramischen Werkstoffen auf der Grundlage von Bariumtitanat und werden unter anderem in Scheibenform hergestellt.

Mit zunehmender Temperatur erhöht sich der Widerstand, wodurch Stromleitfähigkeit und damit die (reine elektrische Wirk-) Leistungsabgabe abnehmen. Bei Temperaturabnahme sinkt der Widerstand, die Stromleitfähigkeit und die Leistungsabgabe steigen.

Durch diesen integrierten Temperaturbegrenzungseffekt verfügen die PTC-Wärmeregister über ein Höchstmaß an Betriebssicherheit.

Bei entsprechender Auslegung ist eine selbsttätige Regelung der Register möglich.

Die hier beschriebenen Register verfügen über PTC-Chips, die mit Aluminium-Wärmelamellen elektrisch leitend verklebt sind. Die Chips werden nach der Verklebung zum optimalen Schutz gegen Schmutz und Nässe abgedichtet (siehe Bild 5 und Bild 6).

Sie verfügen über eine robuste Bauweise und eine hohe Leistungsdichte bei geringen Abmessungen.

Im Gegensatz zu konventionellen Draht- oder Rohrheizkörpern, die bei unzureichender Wärmeabfuhr mehr als 1.000 °C erreichen können, ist dies bei PTC-Elementen nicht möglich; sie verfügen über eine **integrierte Temperaturbegrenzung**.

Bei elektrischen Heizelementen sind gemäß VDE-Vorschriften zwei unabhängig voneinander vorgesehene Temperaturbegrenzungseinrichtungen einzusetzen, so auch bei konventionellen Draht- und Rohrheizkörpern.



Bild 7: Einbau und Leitungsführung in abgehängter Decke mit Flachkanalanschlussgehäuse (FKAG) 200/150 x 40 mm. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 8: Einbau deckenunterseitig mit Leitungsführung im Estrich mit FKAG und Tauchrohr-Schiebehülse (teleskopierbar) zur Durchdringung unterschiedlicher Deckenstärken. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 9: Einbau und Leitungsführung in Balkendecke mit modularem, gedämmtem air-lab-Schlauchleitungssystem DN 72,5 mm und System-Bogen 90°. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 10: Einbau in Decke (oder analog in Wand) mit Wickelfalzrohr DN 125 mm (alternativ 125 mm Kunststoff-„Hosenrohr“ für Wellrohranschluss). (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 11: Einbau (Weitwurf-vorsatz Schlitzauslass – Wurfwinkel 45°) mit Leitungsführung in Systembauwand mit FKAG. (Quelle: air-lab GmbH)

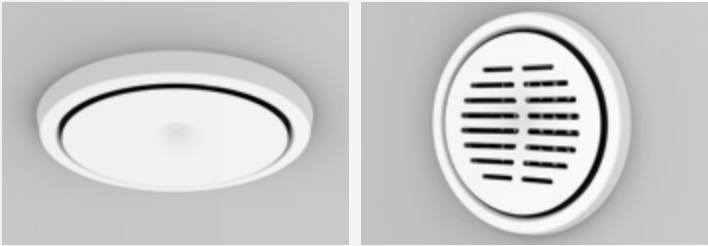


Bild 12: Ansichten eVA 125 mit Tellerventil- und Weitwurfvorsatz. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 13: Explosionsdarstellung eVA 125 mit Teller- neben Weitwurfvorsatz. (Quelle: air-lab GmbH)

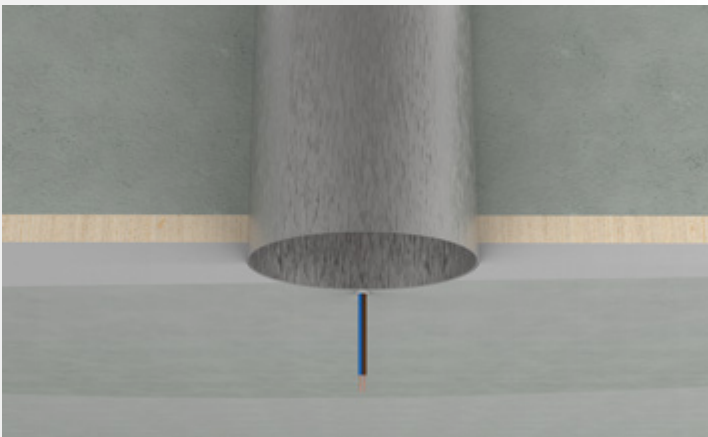


Bild 14: Luft- und Elektroschnittstelle. (Quelle: air-lab GmbH)

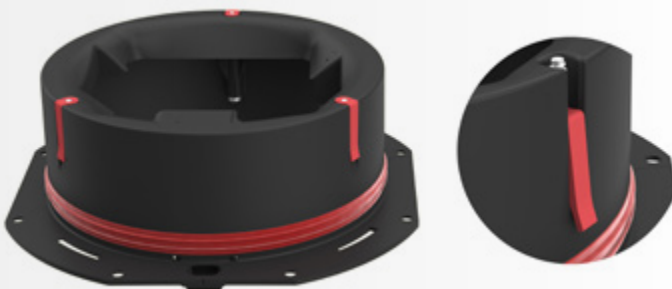


Bild 15: Anschlussgehäuse mit Wirkprinzip der Zugkeile. (Quelle: air-lab GmbH)

PTC-Elemente benötigen durch ihre interne Temperaturbegrenzung nur noch **eine** weitere externe Temperaturabsicherung.

PTC-Register verfügen über **selbstregelnde Eigenschaften** und können so dimensioniert werden, dass sie entsprechend des Luftvolumenstroms und der zu erzielenden Temperaturerhöhung ein sehr gutes Regelverhalten gewährleisten.

Die beschriebenen PTC-Register werden mit 230 V betrieben und verfügen über eine **Spannungsfestigkeit von 500 V**.

4. Ventilwärmeelemente – Varianten und Hinterwandbauteile

VWE werden in der Regel anstelle von Zuluftventilen eingesetzt. Je nach Anforderung werden sie mit einem Tellervorsatz für Decken- oder verschiedenen Weitwurfvorsätzen für Wandeinbau ausgerüstet. Sie können mit entsprechenden Anschlussbauteilen an verschiedene Leitungen und Querschnitte adaptiert werden (Beispiele siehe **Bild 7 – Bild 11**).

5. Ventilwärmeelemente – Aufbau

Nachfolgend stehen air-lab-Ventilwärmeelemente für 125 mm Einbaudurchmesser mit 47,5 mm Einbautiefe im Fokus (siehe **Bild 12** und **Bild 13**).

Diese VWE verfügen über einen konsequent modularen Aufbau, wodurch Kombinationsmöglichkeiten innerhalb des Baukastens und Adaptionsmöglichkeiten an weitere, designgebende Außenkonturen möglich sind.

Die Aufbaustruktur ist auf Baustellen-Montageabläufe zugeschnitten, bei denen zunächst (vor Malerarbeiten) lediglich das Anschlussgehäuse eingebaut und angeschlossen wird. Die restlichen Komponenten verbleiben geschützt in der Verpackung bis zur abschließenden Fertiginstallation.

Durch die strikte Trennung der Funktionen von berührungsgeschütztem Anschluss- und Wärmeelementgehäuse wird die Anschlussspannung selbsttätig bei Einbau des Wärmeelementes gekoppelt und beim Ausbau getrennt.

Das Wärmeelementgehäuse beinhaltet PTC-Register, Leiterplatte mit Stiftleiste, Sicherung,

Übertemperatur- und Überspannungsschutz und Leistungsbrücke (Betrieb von drei oder fünf Wärmezonen = Registerreihen).

Der typische VWE-Einbauort ist das 125 mm Luftleitungsende, welches flächenbündig mit Deckenunterseite bzw. Wandoberfläche endet. Die elektrische Anschlussleitung (typ. 3 x 1,5 mm²) tritt dicht am Rohrkörper anliegend aus der Befestigungsebene aus (siehe **Bild 14**).

Der Einbau des Anschlussgehäuses erfolgt durch drei Spannkeile, die bei Schraubenanzug in Nuten am Außenrand des Anschlussgehäuses geführt werden und sich hierdurch zwischen Anschlussgehäuse und Rohrrinnenwand stemmen. Flanschbohrungen für eine Schraubbefestigung stehen für Sondereinbauten zur Verfügung. Gerade Außenkanten mit Fixiermarken erlauben eine genaue Ausrichtung an der Befestigungsebene. Für die Abdichtung ist eine Lippendichtung in der umlaufenden Gehäusenut fixiert (siehe **Bild 15**).

Zur optimalen Ablängung der elektrischen Anschlussadern dienen Schnittmarkierungen am Flanschkragen des Gehäuses (105 mm). Die Adern L + N werden werkzeuglos in die Federleiste eingeführt. Ein PE-Leiter ist nicht erforderlich (schutzisoliertes Gehäuse) und kann gekürzt werden.

Nach Einbettung der Adern erfolgt die werkzeuglose Verrastung der Leitungsschachtabdeckung im Anschlussgehäuse (siehe **Bild 16** und **Bild 17**). Der Montageumfang benötigt etwa drei Minuten.

Bei der Fertiginstallation wird zunächst das Wärmeelementgehäuse mit dem Außenkragen eingesetzt und durch zwei unverlierbare Schrauben mit dem Anschlussgehäuse verschraubt. Hierbei kann der Außenkragen in vier verschiedenen Abständen (Schattenfuge) zur Befestigungsebene (0 / 0,5 / 1 / 2 mm) fixiert werden (siehe **Bild 18** und **Bild 19**).

Bei Deckeneinbau und unbegrenztem radialen Luftaustrittswinkel erfolgt der werkzeuglose Einsatz des Tellervorsatzes in fünf Raststufen. Mit der Tiefenposition des Tellers in Kombination mit der Höhenlage des Außenkragens wird maßgeblich die Ausströmcharakteristik bestimmt (siehe **Bild 20**).

In der gewünschten Raststufe wird ein zum Teller gehörendes Anschlagkreuz in Raststufenstärke in das Tellerhohlkreuz verliersicher eingesetzt.

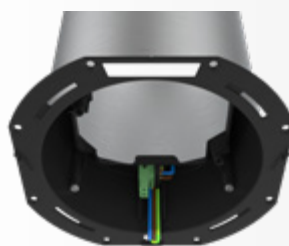


Bild 16: Anschlussgehäuse ohne Leitungsschachtabdeckung. (Quelle: air-lab GmbH)

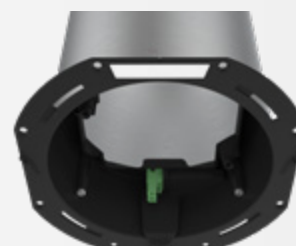


Bild 17: Anschlussgehäuse mit Leitungsschachtabdeckung. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 18: Anschlussgehäuse mit Wärmeelementgehäuse und Außenkragen. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 19: Flächenbündige Anlage (0 mm) oder Schattenfuge (0,5 / 1 / 2 mm). (Quelle: air-lab GmbH)

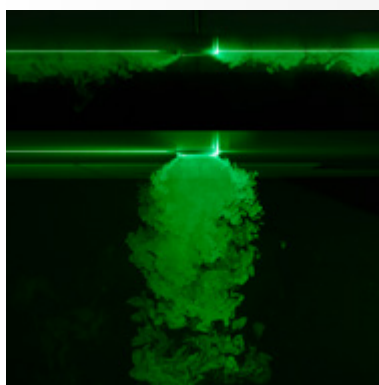


Bild 20: Luftausströmcharakteristik in Abhängigkeit von Teller und Außenkragen. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 21: Tellerunterseite mit Ringspaltbegrenzer und Anschlagkreuzsatz 1 – 4 mm. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 22: Standort air-lab. (Quelle: air-lab GmbH)



Bild 23: Sole/Luftwärmepumpen (inklusive großformatige automatische Bypassklappen). (Quelle: air-lab GmbH)

Bei erforderlicher radialer Begrenzung des Luftaustrittswinkels erfolgt die Verrastung von einem 180°-Ringspaltbegrenzer (RSB) mit dem Tellerboden. Sollbruchstellen ermöglichen eine beidseitige Kürzung und die Skalierung eine entsprechende Dokumentation (siehe Bild 21).

Für die gewünschte VolumenstromEinstellung (15 – 35 m³/h) sollte die Drosselung vor dem VWE liegen, da durch Tellerstufeneinstellung und verschließbare Bypass-Gitteröffnungen nur eine geringfügige Drosselwirkung erfolgen soll (Geräusch).

Für den Einsatz als Wandventil wird die Weitwurfschlitzblende werkzeuglos mit dem Wärmeelementgehäuse verrastet. Zur Korrektur von Montageungenauigkeiten kann die exakte horizontale Schlitzlage durch Drehen der Blende eingestellt werden.

6. Einsatz auch im gewerblichen Bereich

Auch in den air-lab-Betriebsstätten (siehe Bild 22) werden die seit 2007 gefertigten VWE zur Unterstützung der Lüftungswärmepumpen eingesetzt: WP 1 im Massivbau mit ca. 300 m², WP 2 und 3 im Teilmassivbau mit ca. 400 m² (durch zwei Sole/Luft-Wärmeübertrager (siehe Bild 23) unterstützt mit Temperaturanhebung bei 0 °C um ca. 4,5 K).

7. Technische Daten und Diagramme (Extrakt)

Ventilwärmeelement

- Baureihe: eVA 125
- Typ: VWE5x3CT130-U

Technische Daten

- Einbaudurchmesser: 125 mm
- Einbautiefe: 47,5 mm
- Volumenstrom (empfohlen): 15 – 35 m³/h
- Druckverlust (15 / 25 / 35 m³/h): 9 / 15 / 31 Pa
- Spannungsversorgung: 230 V / 50 Hz
- Leistung (selbstregelnd): Max. 400 W (siehe Bild 24 und Bild 25)
- Leistungsreduktion über Abwahl von Zonen

Sicherheitseigenschaften

- Ausführung gemäß DIN EN 60335-1, DIN EN 60335-2-30

- Gehäuse schutzisoliert / brandgeschützt
- Überstromsicherung
- Übertemperatursicherung
- Überspannungsschutz

8. Fazit

PTC-Ventilwärmeelemente sind eine zeitgemäße Ergänzung zur Spitzenlastabdeckung von tariflich gleichgestellten Luft/Luft-Wärmepumpen.

Wie Zuluftventile platziert, sind sie in der Wahrnehmung dezent unauffällig und sorgen für eine schnelle Temperaturänderung und gute Durchmischung der Raumluft.

Im Vergleich zu anderen Möglichkeiten der raumnahen Luftnacherwärmung sind derartige Ventilwärmeelemente in Zusammenarbeit mit hocheffizienten Wärmepumpen auch unter Vollkostengesichtspunkten in Bezug auf ihre Wirtschaftlichkeit und Funktionalität gegenwärtig alternativlos.

VWE ergänzen Hybrid-Heiz-/Lüftungssysteme zu Komfort-Hybrid-Systemen, indem sie bei kalten Aussentemperaturen die – unter Raumtemperaturniveau liegende – Zuluft zur Vermeidung von Kaltluft-Zugerscheinungen einzelraumgeregelt anheben.

Im eigenen Interesse können wir durch Abkehr von Brennstoffen zu wirksamem Klimaschutz beitragen. Was diesbezüglich gegenwärtig getan wird, ist noch zu wenig.

Wie einst der englische Historiker Henry Thomas Buckle sagte: „Der größte Feind des Fortschrittes ist nicht der Irrtum, sondern die Trägheit.“

Quellen

- [1] ZIMMERMANN Lüftungs- und Wärmesysteme GmbH & Co. KG.
- [2] Umweltbundesamt: www.umweltbundesamt.de/tags/waermebedarf (abgerufen am 25.07.2018).
- [3] Deutscher Wetterdienst: www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimawandel/ueberblick/ueberblick_node.html (abgerufen am 25.07.2018).

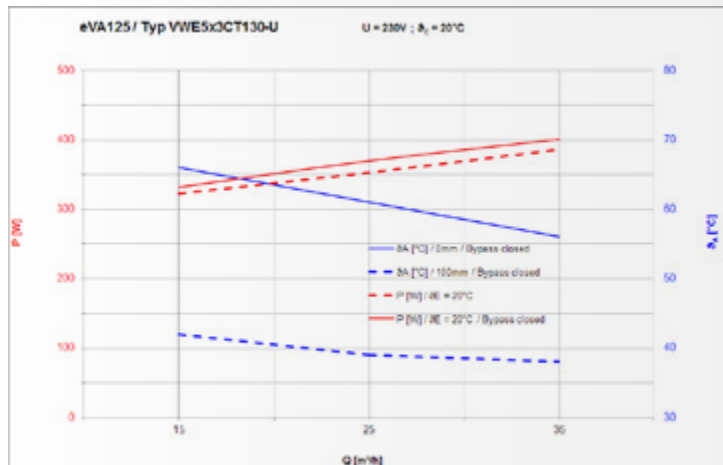


Bild 24: Leistung und Temperatur (θ_e = 20°C). (Quelle: air-lab GmbH)

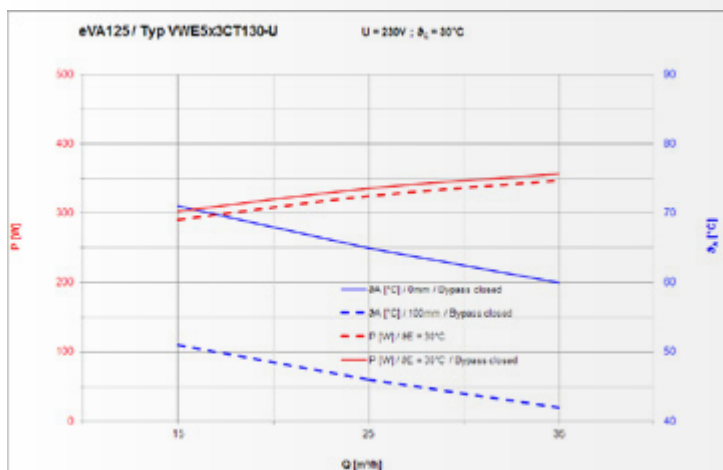


Bild 25: Leistung und Temperatur (θ_e = 30°C). (Quelle: air-lab GmbH)

AUTOREN
VITA



Dipl.-Ing (FH) RALF HEUEL

- 1988 – 1992 Ausbildung zum Energieelektroniker, LEWA GmbH
- 1993 – 1997 Studium der Automatisierungstechnik, FH Köln
- 1997 – 2000 Projektleiter, Battenfeld GmbH
- 2001 – 2015 Projektmanager, Vienga GmbH & Co.KG
- 2015 – 2017 Projektmanager, SCHELL GmbH & Co.KG
- 2017 – 2018 Produktmanager, air-lab GmbH
- Seit 2018 Geschäftsleiter Markt & Technik, air-lab GmbH

Kontakt air-lab GmbH
 Zum Eulenbruch 10 & 12
 57399 Kirchhundem
 Tel.: +49 2764 26135 0
 E-Mail: info@air-lab.de