

Abrechnung der Betriebskosten von RLT-Anlagen

Das neue Richtlinienblatt VDI 2077-4

Die Bedeutung einer Abrechnung von RLT- und Kältekosten ist heute bedeutsamer einzuschätzen als vor 40 Jahren. Immer zahlreicher sind die Fälle gemeinschaftlich genutzter RLT-Anlagen. Zugleich wird vielfach versucht, die Abrechnungsproblematik zu umgehen, indem „um jeden Preis“ individuelle RLT-Versorgungen geschaffen werden, auch wenn dies unwirtschaftlich ist. Schon im Jahre 2005 wurde der Richtlinienausschuss VDI 2077 konstituiert. Die aktuelle, seit Juni 2019 gültige Richtlinie VDI 2077 Blatt 4 [1] befasst sich mit der Abrechnung der Kosten für Energie- und Medienverbräuche von raumlufttechnischen Anlagen. Sie gilt in Gebäuden mit Klimaanlage, die aufbereitete Luft an mehr als eine Nutzeinheit liefern, und legt besonderen Wert auf eine verursachungsgerechte Abrechnung.

Billing of the Operating Costs of Air Conditioning Systems – the New Guideline VDI 2077-4

The importance of billing for air-conditioning and refrigeration costs is now more significant than it was 40 years ago. More and more numerous are the cases of communal HVAC systems. At the same time, attempts are often made to circumvent the billing problem by creating individual air conditioning and ventilation supplies „at any price“, even if this is uneconomical. The committee for German guideline VDI 2077 was already constituted in 2005. The current, since June 2019 valid guideline VDI 2077 Part 4 [1] deals with the billing of the costs for energy and media consumption of ventilation and air conditioning systems. It applies to buildings with air conditioning units delivering conditioned air to more than one user and attaches particular importance to a consumption-based billing.

VON
JENS AMBERG
GÜNTER MÜGGE
JÖRG SCHMID

1. Einleitung

Der Gebäudebetrieb verursacht einen erheblichen Energie- und Medienverbrauch. Neben der energetischen Qualität von bauphysikalischer Gebäudegestaltung und Anlagentechnik sind die Betriebsweise und vor allem das Nutzerverhalten wesentlich für die konkrete Höhe des Verbrauchs. Als Reaktion auf die erste Ölpreiskrise in den 1970er-Jahren wurde in Deutschland mit dem Energieeinsparungsgesetz (1976) und der Heizkostenverordnung (1981) die gesetzliche Pflicht zur verbrauchsabhängigen Abrechnung von Heiz- und Warmwasserkosten eingeführt. Die damalige politische Zielsetzung war, über ein sparsameres Nutzerverhalten den Energieverbrauch und die Abhängigkeit von Energieimporten zu reduzieren. Mit der europäischen Energieeffizienzrichtlinie existiert seit einigen Jahren auch ein Rahmen mit Regeln für die Erfassung individueller Energieverbräuche.

Auch wenn in den letzten Jahrzehnten die energetische Qualität von Gebäuden und ihrer Anlagentechnik im Neubau und auch im Bestand erheblich zugenommen hat, besteht weiterhin ein erheblicher Nutzereinfluss auf den Gebäude-Energieverbrauch. Auch in sehr gut wärmedämmten Gebäuden liegt der Nutzereinfluss in ähnlicher Größenordnung wie bei alten Bestandsbauten, relativ ist er noch deutlich höher.

Der Fokus der rechtlichen Regelungen lag ursprünglich vor allem auf der Abrechnung der Heizkosten. Im ursprünglichen Energieeinsparungsgesetz war allerdings bereits die Ermächtigung für den Erlass von Rechtsverordnungen bezüglich heizungs- als auch raumluftechnischer Anlagen enthalten. Im Gegensatz zur Heizkostenverordnung kam es jedoch bisher nicht zur Umsetzung einer entsprechenden „Lüftungskostenverordnung“. Hierfür waren einerseits praktische Gründe entscheidend, da nämlich für eine wirtschaftliche Erfassung von individuellen Energieverbräuchen in diesem Bereich keine geeignete Messtechnik zur Verfügung stand. Weiterhin wurden größere Gewerbeimmobilien mit RLT-Anlagen in vielen Fällen nur durch jeweils ein Unternehmen genutzt, sodass sich die Frage der Kostenverteilung nicht stellte.

Für die Klimatisierungs- und Kältekosten ist in den letzten Jahren von einem wachsenden Anteil an den gesamten Betriebskosten von Immobilien auszugehen. Zum einen werden aufgrund

gestiegener Komfort-, aber auch arbeitsrechtlicher Anforderungen immer mehr Gebäude mit RLT- und Kühlanlagen ausgestattet, zum anderen erbringt der stetig verbesserte Wärmeschutz sinkende Heizkosten und damit auch einen steigenden Anteil der Kühlungs- und RLT-Kosten.

Die Bedeutung einer Abrechnung von RLT- und Kältekosten ist deshalb heute als bedeutender einzuschätzen als vor 40 Jahren. Immer zahlreicher sind die Fälle gemeinschaftlich genutzter RLT-Anlagen. Zugleich wird vielfach versucht, die Abrechnungsproblematik zu umgehen, indem „um jeden Preis“ individuelle RLT-Versorgungen geschaffen werden, auch wenn dies unwirtschaftlich ist: Mehrere mittelgroße RLT-Anlagen (mit je einem Verbraucher) verursachen deutlich höhere Kosten in Planung, Erstellung und Betrieb als wenige größere RLT-Anlagen, die zur gemeinschaftlichen Versorgung vorgesehen werden.

Bei gemeinschaftlich genutzten RLT-Anlagen stößt man bislang auf die Abrechnungsmethodik, die anfallenden Kosten gemäß [2] nach einem Flächenmaßstab abzurechnen. Ein Anreiz für eine sparsame Nutzung der jeweiligen Anlage (Luftverbrauch, Temperaturniveau, ggf. Feuchtebereich) ist damit nicht gegeben.

2. Die Richtlinienreihe VDI 2077 [1]

2.1 Entwicklung der VDI 2077 [1]

Bei Einführung einer Pflicht zur verbrauchsabhängigen Heizkostenabrechnung im Jahr 1981 musste man sich vor allem auf das damals vorhandene Erfahrungswissen stützen. Wie oben bereits erwähnt, war das Ziel, eine Motivation für ein sparsames Nutzerverhalten zu schaffen. Eine „Exaktheit“ der Abrechnung stand dabei nicht im Vordergrund. Diese wäre auch durch die damals verfügbare Erfassungstechnik (überwiegend Heizkostenverteiler nach dem Verdunstungsprinzip) nicht erreichbar gewesen. Die Abrechnungsregeln, die bezüglich der Heizkosten definiert wurden, sind nur teilweise technisch begründet. Auch Interpretationen der Heizkostenverordnung durch die Rechtsprechung blieben aus technischer Sicht teilweise unbefriedigend. Weiterhin ist anzumerken, dass sich die Randbedingungen für verbrauchsabhängige Abrechnungen durch moderne Bauweisen (erhöhter Wärmeschutz) und in der Gebäudetechnik (deutlich komplexere Systeme,

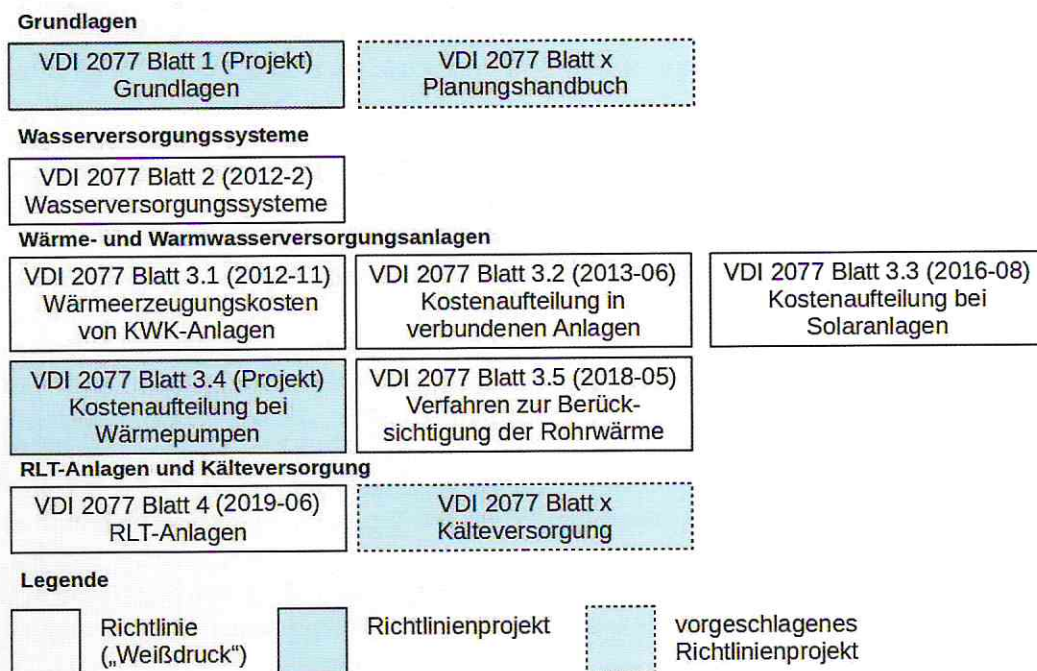


Bild 1: Überblick: Richtlinienreihe VDI 2077 „Verbrauchskostenabrechnung in der Technischen Gebäudeausrüstung“ [1].

Einsatz regenerativer Energien) erheblich geändert haben.

Aufgrund dieser Situation wurde im Jahre 2005 der Richtlinienausschuss VDI 2077 konstituiert. Der damalige Arbeitsauftrag betraf unter anderem die Definition technisch begründeter Aufteilungsregeln beispielsweise zwischen Raumheizung und Trinkwassererwärmung sowie beim Einsatz von regenerativen Energien. Auch Regeln zur Kostenaufteilung bei RLT-Anlagen waren bereits Teil des vorgesehenen Arbeitsprogramms.

Die Problematik der „Rohrwärmeabgabe“, aber auch veränderte Anlagentechnik, zum Beispiel der verstärkte Einsatz von Solarthermie- oder KWK-Anlagen für die Wärmeversorgung, der auch durch das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz befördert wird, hat im Einzelfall erhebliche Auswirkungen auf die Energiekostenabrechnung. Um hier praktikable Lösungen zu schaffen, wurden im Rahmen der VDI 2077 die Richtlinienblätter 3.1, 3.2, 3.3 [1] forciert bearbeitet. Einen Überblick über laufende und abgeschlossene Projekte der Richtlinienreihe zeigt **Bild 1**.

Parallel zu den anderen Projekten wurde das Blatt 4 bearbeitet. Es ist im Jahr 2017 als Entwurf und nach abgeschlossenem Einspruchsverfahren

im Juni 2019 nun als Weißdruck erschienen. Es ist damit ab sofort vollumfänglich gültig. Die Thematik der Kältekostenabrechnung wurde abgetrennt und soll in einem separaten Projekt bearbeitet bzw. in einem weiteren Richtlinienblatt behandelt werden.

Die Randbedingungen für die Abrechnung von Lüftungskosten unterscheiden sich erheblich von denen der klassischen Heizkostenabrechnung. Die Kostenstruktur ist bei RLT-Anlagen deutlich komplexer. Je nach Art der RLT-Anlage ist neben der Wärme auch die Kälte als thermische Energie zu berücksichtigen. So weit in der Anlage auch die Luftfeuchte konditioniert wird, ist grundsätzlich zwischen sensibler und latenter Wärme zu unterscheiden. In diesem Fall ist auch der Wasserverbrauch für die Befeuchtung zu berücksichtigen. Vor allem aber ist der Anteil der Luftförderung am gesamten Energieverbrauch sehr viel größer als die Hilfsenergien (Pumpenantrieb) bei Heizanlagen. Bei RLT-Anlagen kann also nicht einfach die Vorgehensweise der klassischen Heizkostenabrechnung übertragen werden, indem nur „einfach“ ein individueller Verbrauch gemessen würde. Vielmehr müssen je nach Anlagenkonstellation mehrere individuelle Verbrauchsgrößen (Wärme, Kälte, Luftmenge ...) erfasst werden.

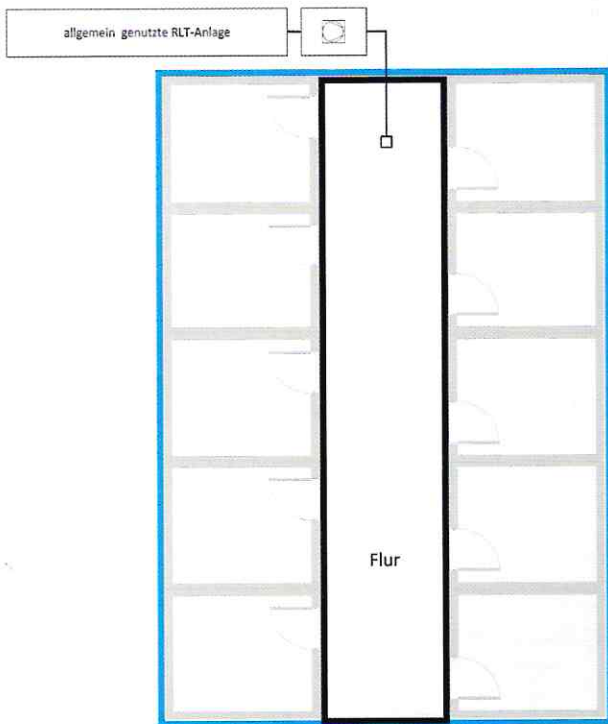


Bild 2: (Von zehn Nutzern) allgemein genutzte Anlage, vereinfachte Darstellung.

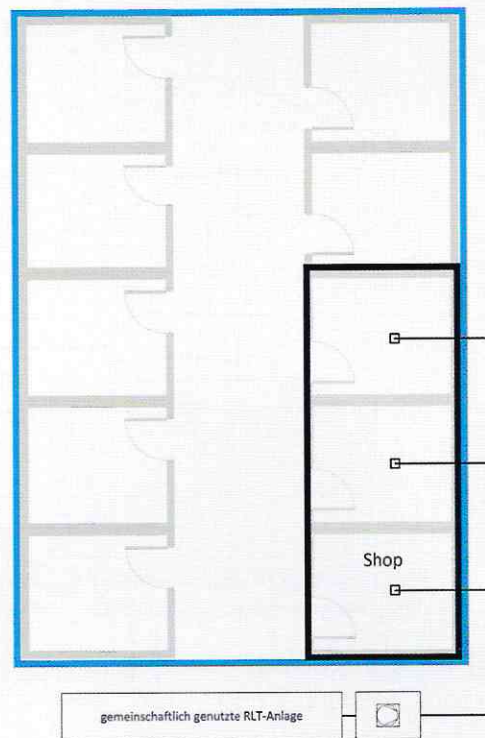


Bild 3: (Von drei Nutzern) gemeinschaftlich genutzte Anlage, vereinfachte Darstellung.

Die messtechnische Erfassung von Verbrauchsgrößen in RLT-Anlagen stellt sich erheblich schwieriger dar als bei Heizanlagen. Auch wenn messtechnische Prinzipien beispielsweise für die Messung von Luftströmen schon lange bekannt sind, war eine wirtschaftliche Anwendung, die vergleichbar mit der von Heizkostenverteilern oder Wärmezählern wäre, lange Zeit nicht gegeben. So wurden etwa von Tritschler und Koch schon 2002 Überlegungen zu Hilfsgrößen getroffen [3]. Zwischenzeitlich sind aber geeignete Erfassungssysteme entwickelt worden, die für den Einsatz bei der Abrechnung geeignet sind.

Bereits eingangs wurde auf den rechtlichen Rahmen hingewiesen, in dem sich die Richtlinienreihe VDI 2077 [1] bewegt. Trotz einer noch fehlenden „Lüftungskostenverordnung“ bewegt sich Blatt 4 nicht in einem rechtsfreien Raum. Soweit die RLT-Anlagen auch der Beheizung der Gebäude dienen, erscheint eine sinngemäße Anwendung der Heizkostenverordnung geboten. Für die Versorgung mit Kälte gilt dies nicht unbedingt. In Blatt 4 wurde aber davon abgesehen, separate Regeln für Wärme und Kälte zu definieren.

Besonderheiten beispielsweise für die Umlage von unabhängig vom Verbrauch entstehende Kosten können später in Blatt 1 geregelt werden.

2.2 Anwendungsbereich der VDI 2077-4 [1]

Die Richtlinie VDI 2077 Blatt 4 [1] befasst sich mit der Abrechnung der Kosten für Energie- und Medienverbräuche von RLT-Anlagen. Während bei der Heizkostenverordnung für die Abrechnung von Kosten für Heizung und Warmwasser das mit der verbrauchsabhängigen Abrechnung einhergehende Energieeinsparpotenzial vom Gesetzgeber im Vordergrund gesehen wird, legt dieses Blatt darüber hinaus besonderen Wert auf eine verursachungsgerechte Abrechnung.

Zum Anwendungsbereich: Diese Richtlinie gilt für die Erfassung von Energie- und Medienverbräuchen von raumlufttechnischen Anlagen in Gebäuden mit mehr als einer Nutzereinheit und der Verteilung der damit verbundenen Kosten. Lüftungsanlagen für die Prozesslufttechnik werden in der Richtlinie nicht behandelt.

Eingangs widmet sich das Blatt der Betrachtung, wie die unterschiedlichen klimatisierten

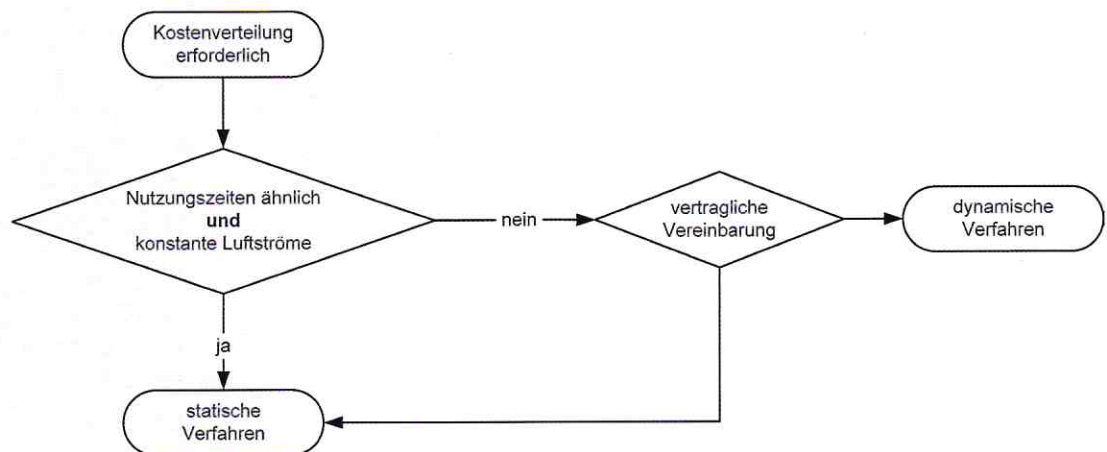


Bild 4: Art der Kostenverteilung nach VDI 2077 Blatt 4 [1].

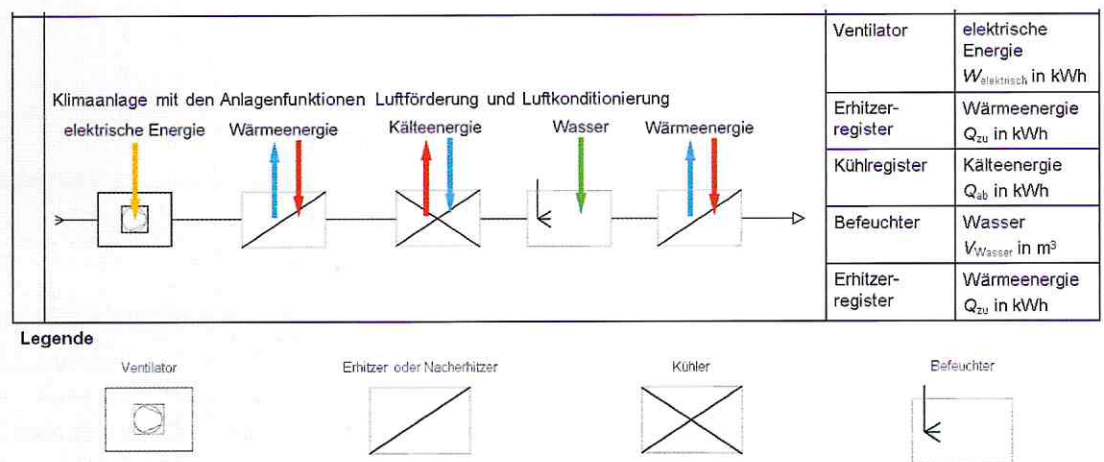


Bild 5: (Voll-)Klimaanlage mit allen üblichen Anlagenfunktionen.

Flächen zu kategorisieren sind. Eine „allgemein genutzte RLT-Anlage“ versorgt dabei Flächen, die von mehreren oder allen Nutzern der Liegenschaft gleichermaßen genutzt werden (siehe Bild 2). Im Unterschied dazu versorgt eine „gemeinschaftlich genutzte RLT-Anlage“ die Bereiche mehrerer, wirtschaftlich voneinander unabhängiger Nutzer (siehe Bild 3). RLT-Anlagen unterliegen nur dann der Verbrauchserfassung und Kostenverteilung, wenn sie nicht individuell, sondern gemeinschaftlich oder allgemein genutzt werden.

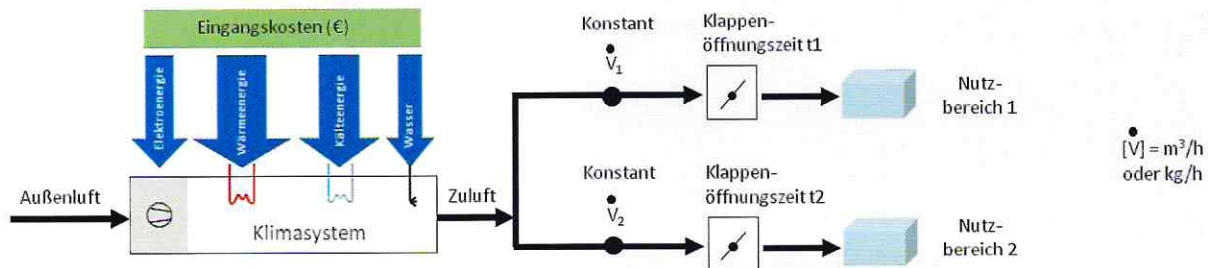
Nur wenn die Nutzungszeiten der verschiedenen Nutzeinheiten innerhalb einer Liegenschaft ähnlich sind und wenn gleichzeitig konstante Luftströme gegeben sind, sieht die Richtlinie die Anwendung sogenannter statischer Verfahren (z. B. dem oben bereits thematisierten Flächenschlüssel) vor. Mit „konstante Luftströme“ ist hier gemeint, dass diese

während der Betriebszeiten nahezu konstant sind und außerhalb der Betriebszeiten „Null“ betragen. Als „ähnlich“ sind die Betriebszeiten dann zu betrachten, wenn sie sich zwischen den einzelnen Nutzeinheiten um nicht mehr als eine Stunde unterscheiden.

In allen anderen Fällen soll es einer vertraglichen Vereinbarung zwischen dem Betreiber einer Liegenschaft und dem raumluftechnischen Nutzer (Mieter) überlassen bleiben, ob für die Abrechnung statische oder dynamische Verfahren angewendet werden (siehe Bild 4).

3. Typologie von RLT-Anlagen nach Eingangsverbräuchen

Raumluftechnische Anlagen reichen von einfachsten Lüftungsanlagen ohne jegliche Luftkonditionierung bis hin zu Klimaanlagen mit



Methode der Klappenöffnungszeit

$$\text{Kosten (Nutzbereich i, Periode T)} = \text{Eingangskosten}_T \times \frac{\frac{t_i}{T} \cdot \dot{V}_i}{\sum \frac{t_i}{T} \cdot \dot{V}_i}$$

Bild 6: Prinzipschema zum Klappenöffnungsverfahren (A1) für konstante Luftströme.

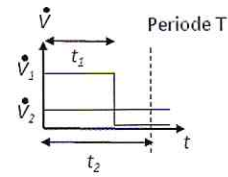
Luftförderung, Wärmeenergie, Kälteenergie und dem Medium Wasser für die Befeuchtung der Zuluft. Insofern verbrauchen die einfachsten Lüftungsanlagen lediglich elektrische Energie für die Luftförderung, während je nach Ausbaustufe zusätzlich ein Bedarf an Wärmeenergie,

Kälteenergie und Wasser entsteht, deren Verbräuche erfasst und die zugehörigen Kosten verteilt werden müssen. Bild 5 zeigt das Schema einer (Voll-)Klimaanlage mit allen üblichen Anlagenfunktionen und allen zu erfassenden Energien und Medien.

Tabelle 1: Fallunterscheidung verbrauchsbasierter („dynamischer“) Methoden der Lüftungskostenabrechnung

	Fall A: Konstanter Luftstrom	Fall B: Variabler Luftstrom
Anlagen ohne WRG oder ohne Kostenberücksichtigung der WRG-Beiträge	Methode A1 Verteilung anhand konstanter, mit kalibrierten Geräten ermittelter Zuluftstromanteile (nur bei feststehenden Klappenpositionen, Messgrößen m^3/h oder kg/h)	Methode B1 Verteilung anhand aufsummierter Zuluftverbrauchsanteile der Periode (Luftzähler, Messgröße m^3 oder kg)
	oder	oder
	Methode A2 Verteilung anhand aufsummierter Zuluftverbrauchsanteile der Periode (Luftzähler, Messgröße: m^3 oder kg)	Methode B2 Verteilung anhand aufsummierter Luftverbräuche, Wärmelieferungen und Kältelieferungen der Periode (Luftenergiezähler, Messgrößen: m^3 oder kg sowie kWh thermisch (getrennt für luftseitige Wärme- und Kältelieferung))
oder	Methode A3 Verteilung anhand aufsummierter Luftverbräuche, Wärmelieferungen und Kältelieferungen der Periode (Luftenergiezähler, Messgrößen: m^3 oder kg sowie kWh thermisch (getrennt für luftseitige Wärme- und Kältelieferung))	
Anlagen mit WRG und mit Kostenberücksichtigung der WRG-Beiträge	Methode C (wird in diesem Fachbeitrag nicht dargestellt) Verteilung anhand aufsummierter Luftverbräuche, Wärmelieferungen und Kältelieferungen der Periode (Luftenergiezähler, Messgrößen: m^3 oder kg und kWh)	

	\dot{V} [m ³ /h]	Klappenöffnungszeit	Luftverbrauch bei T = 1 Monat
Nutzbereich 1	$\dot{V}_1 = 15.000$	$\frac{t_1}{T} = 2/3$	$15.000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{2}{3} \times \frac{730 \text{ h}}{\text{Monat}} = [67\%]$
Nutzbereich 2	$\dot{V}_2 = 5.000$	$\frac{t_2}{T} = 1/1$	$5.000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{1}{1} \times \frac{730 \text{ h}}{\text{Monat}} = [33\%]$
Summe	20.000		



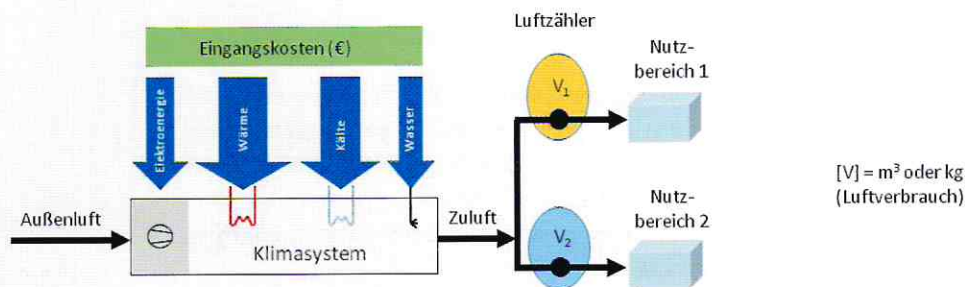
In diesem Beispiel entstehen Stromkosten von 10 T€, Wärme-Lieferkosten von 20 T€ und Kälte-Lieferkosten von 30 T€. Kalibrierte Volumenstrom-Festwerte (Durchflusswerte bei 100% Klappenöffnung) werden mit der Klappenöffnungszeit multipliziert, geteilt durch die Gesamtperiode.

$$K_1 = (10 \text{ T€} + 20 \text{ T€} + 30 \text{ T€}) \times (15.000 \times 2/3) / (15.000 \times 2/3 + 5.000 \times 1/1) = 60 \text{ T€} \times 2/3 = 40 \text{ T€}$$

$$K_2 = (10 \text{ T€} + 20 \text{ T€} + 30 \text{ T€}) \times (5.000 \times 1/1) / (15.000 \times 2/3 + 5.000 \times 1/1) = 60 \text{ T€} \times 1/3 = 20 \text{ T€}$$

Nutzbereich 1 verbraucht 67% der Luftmenge und trägt insofern 67% der gesamten Luftaufbereitungskosten.

Bild 7: Beispiel Konstant-Luftströme V_1 und V_2 mit unterschiedlichen Klappenöffnungszeiten t_1 und t_2 .



[V] = m³ oder kg (Luftverbrauch)

Luftzähler

$$\text{Kosten (Nutzbereich i)} = \text{Eingangskosten (Strom, Wärme, Kälte, Wasser)} \times \frac{V_i}{\sum V_i}$$

Bild 8: Prinzipschema zum Luftzähler (A2 sowie B1) für konstante oder variable Luftströme.

4. Abrechnungsverfahren

4.1 Statische Abrechnungsverfahren

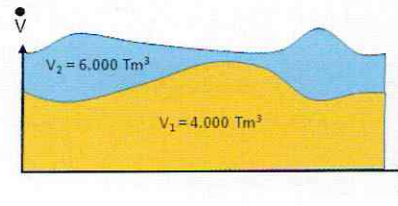
Entscheiden sich Betreiber und Nutzer/Mieter für statische Abrechnungsverfahren, so wird auf die Verbrauchserfassung verzichtet. Somit werden die Lüftungskosten ohne Verbrauchsbezug ausgewiesen; der Nutzer erhält keinen Einsparanreiz und keine Informationen zur jeweiligen Luftlieferung. Unterschieden werden:

- Der Flächenschlüssel: Wenn die Luftströme in den verschiedenen Nutzeinheiten bezogen auf die jeweiligen Nutzflächen gleich sind, so können sowohl die Grund- als auch die

Verbrauchskosten nach der Nutzfläche verteilt werden.

- Der Raumvolumenschlüssel: Insbesondere bei unterschiedlichen Raumhöhen ist davon auszugehen, dass die Luftströme nicht in Bezug auf die Nutzflächen, sondern in Bezug auf die Raumvolumina gleich sind. In diesen Fällen erfolgt die Verteilung der Kosten nach dem umbauten Raum.
- Der Luftstromschlüssel: Wenn die Luftströme weder in Bezug auf die Nutzflächen noch auf die umbauten Räume gleich sind, sollte auf den Luftstromschlüssel als Verteilmaßstab

	V [Tsd. m ³]
Nutzbereich 1	V ₁ = 4.000
Nutzbereich 2	V ₂ = 6.000
Summe	10.000



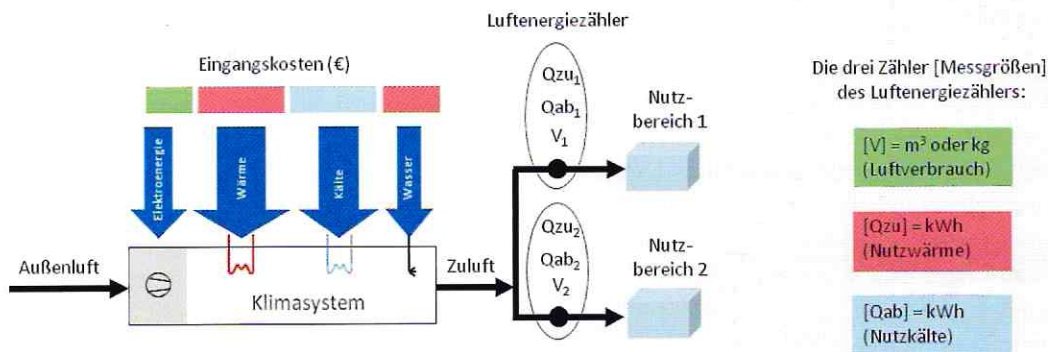
Im diesem Beispiel entstehen Stromkosten von 10 T€, Wärme-Gestehungskosten von 15 T€ und Kälte-Gestehungskosten von 25 T€. Der Luftzähler erfasst die an die Nutzbereiche 1 und 2 gelieferten Luftmengen (V), indem er die variablen Luftströme fortwährend aufaddiert.

$$K_1 = (10 \text{ T€} + 15 \text{ T€} + 25 \text{ T€}) \times \frac{4.000}{(4.000 + 6.000)} = 20 \text{ T€}$$

$$K_2 = (10 \text{ T€} + 15 \text{ T€} + 25 \text{ T€}) \times \frac{6.000}{(4.000 + 6.000)} = 30 \text{ T€}$$

Nutzbereich 2 verbraucht 60% der Luftmenge und trägt insofern 60% der gesamten Luftaufbereitungskosten.

Bild 9: Beispiel zum Luftzähler.



Luftenergiezähler

$$\text{Kosten (Nutzbereich i)} = \text{Eingangskosten (Strom, Wasser)} \times \frac{V_i}{\sum V_i} + \text{Eingangskosten (Wärme)} \times \frac{Q_{zu_i}}{\sum Q_{zu_i}} + \text{Eingangskosten (Kälte)} \times \frac{Q_{ab_i}}{\sum Q_{ab_i}}$$

Bild 10: Prinzipschema zum Luftenergiezähler (Methode A3 oder B2).

zurückgegriffen werden. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass die Luftströme entweder aus den Planungsunterlagen oder den Abnahmemessungen vorliegen.

Erfassungsmethoden wird hier einer gesonderten Flächenfarbe zugeordnet. Methode C wird wegen ihrer Komplexität in diesem Fachbeitrag nicht näher dargestellt.

4.2 Dynamische Abrechnungsverfahren

Grundsätzlich stehen zur verbrauchs-basierten („dynamischen“) Lüftungskostenabrechnung drei Erfassungsmethoden zur Verfügung. Diese sollen nun bezüglich ihrer messtechnischen Funktionsweise und der Abrechnungsmethodik näher dargestellt werden. **Tabelle 1** zeigt die Fallunterscheidung im Überblick – jede der drei

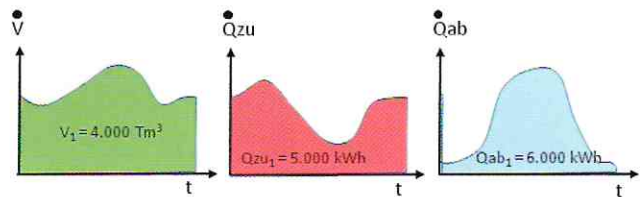
4.2.1 Konstant-Luftstromanteile /

Klappenöffnungszeiten (Methode A1)

Wird die Luft einer gemeinsam genutzten RLT-Anlage mit konstanten Luftströmen an die verschiedenen Verbrauchszonen geliefert, kann zur verbrauchs-basierten Lüftungskostenabrechnung auf diese Methode zurückgegriffen werden (siehe **Bild 6**).

	V [Tsd. m ³]	Q _{zu} [kWh]	Q _{ab} [kWh]
Nutzbereich 1	V ₁ = 4.000	Q _{z1} = 5.000	Q _{a1} = 6.000
Nutzbereich 2	V ₂ = 6.000	Q _{z2} = 4.000	Q _{a2} = 5.000
Summe	10.000	9.000	11.000

Luftstrom, Nutzwärmeleistung und Nutzkälteleistung sind zeitlich inkonstant und werden gesondert aufaddiert.



Im diesem Beispiel entstehen Stromkosten von 10 T€, Wärme-Gestehungskosten von 15 T€ und Kälte-Gestehungskosten von 25 T€. Der Luftenergiezähler erfasst gesondert die an die Nutzbereiche 1 und 2 gelieferten Luftmengen (V), Wärme-Mengen (Q_{zu}) und Kälte-Mengen (Q_{ab}), indem er die variablen Luftströme sowie die Nutzwärmeleistung und Nutzkälteleistung fortwährend aufaddiert.

$$K_1 = 10 \text{ T€} \times \frac{4000}{10000} + 15 \text{ T€} \times \frac{5000}{9000} + 25 \text{ T€} \times \frac{6000}{11000} = 25,96 \text{ T€}$$

$$K_2 = 10 \text{ T€} \times \frac{6000}{10000} + 15 \text{ T€} \times \frac{4000}{9000} + 25 \text{ T€} \times \frac{5000}{11000} = 24,04 \text{ T€}$$

Nutzbereich 2 verbraucht zwar 60% der Luftmenge, trägt aber jeweils unterdurchschnittlich zu den Wärme- und Kältekosten bei. Dadurch ergibt sich in der Summe ein Kostenbeitrag, der noch unter demjenigen des Nutzbereichs 1 liegt. Mit Hilfe des Luftenergiezählers ist diese (verbrauchsgerechte) Unterscheidung möglich.

Bild 11: Beispiel zum Luftenergiezähler (hier Methode B2 mit variablen Luftströmen).

Es wird dabei davon ausgegangen, dass die einzelnen Verbraucher in der Abrechnungsperiode T

- während einer Zeit t die konstante Luftstromlieferung erhalten (Klappe geöffnet),
- während der Zeit (T-t) keine Luftlieferung erhalten (Klappe geschlossen).

Insofern müssen für die Abrechnung die folgenden Werte erhoben werden:

- Der Zeitfaktor t/T: Hierfür müssen während der Periode T alle einzelnen Klappenöffnungszeiten erfasst und addiert werden; die Summe ist die Zeit t. Es ist also eine geeignete Zeiterfassung im Zusammenspiel mit der Rückmeldung der Klappenöffnung erforderlich.
- Die jeweiligen (während der Luftlieferung unveränderlichen) Luftströme pro Verbrauchszone: Diese müssen mithilfe einer Netzmessung (Kalibrierung nach [4]) erfasst werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Kalibrierung auf Basis rückführbarer Normale erfolgt. Konkret: Es müssen DAkKS-kalibrierte Referenzmessgeräte zur Strömungsmessung eingesetzt werden.

Zur Abrechnung werden alle Eingangskosten (aus den strom- und wasserseitigen Zählern) aufaddiert. Daraufhin wird für jede Verbrauchszone der Klappenöffnungsfaktor t/T bestimmt. Der Kostenanteil der einzelnen Verbrauchszone ergibt sich, indem der Klappenöffnungsfaktor

jedes Verbrauchers mit dem jeweiligen Luftstromkalibrierwert multipliziert wird (siehe Bild 7).

Die Messmethode „Klappenöffnungszeiten“ zeigt die folgenden Vor- und Nachteile:

- + Relativ kostengünstig, da keine fest installierten Zähler vorzusehen sind. Zu beachten ist aber, dass nach jedem Umbau der Zuluftluftführung erneute (rückführbare) Kalibrierungen erfolgen müssen. Zudem muss eine manipulationssichere Erfassung der Klappenöffnungszeiten gewährleistet sein.
- Nur einsetzbar bei konstanten Luftströmen. Eine bedarfsgeführte, variable Luftstromregelung scheidet insofern für diese Methode aus.
- Im Vergleich zum Luftenergiezähler: Keine Berücksichtigung der thermischen Verbrauchsgrößen (Wärme- und Kältelieferung über die Luft).
- In vielen Anlagen verschieben sich die Luftstromanteile der Verbrauchszonen untereinander in Abhängigkeit davon, wie viele Verbraucher gleichzeitig partizipieren. Insofern können die mit dieser Methode ermittelten Anteile vielfach von der Realität abweichen. Ist von einer Abweichung von 10 % oder mehr auszugehen, so verweist die VDI auf die Methoden A2 = Luftzähler oder A3 = Luftenergiezähler.

4.2.2 Luftstromerfassung mittels Luftzählern (Methode A2 oder B1)

Unabhängig davon, ob es sich um konstante Luftströme handelt (Fall A2) oder um variable Luftströme (Fall B1), wird bei dieser Methode zu jedem Zeitpunkt der Luftstrom erfasst und aufaddiert. Hierdurch ergibt sich die Zählergröße „Luftverbrauch“ als Luftvolumen, beispielsweise in der Einheit [m³], oder als Luftmasse, zum Beispiel in der Einheit [kg] (siehe **Bild 8**).

Der Luftzähler liefert dabei unmittelbar den für die Abrechnung erforderlichen Summenwert (den Luftverbrauch als Luftvolumenwert). Der Zeitverlauf sieht beispielsweise aus, wie in **Bild 9** dargestellt.

Die Messmethode „Luftzähler“ zeigt die folgenden Vor- und Nachteile:

- + Einfachere Implementierung als das Klappenöffnungsverfahren, durch die dauerhafte Messung ist keine Unterscheidung von Luftliefer- oder Nichtliefersituationen vorzunehmen.
- + Im Fall von konstanten Luftströmen: Präzise Verbrauchserfassung auch bei unterschiedlichen Abschalt- und Lieferszenarien. Im

Gegensatz zum Klappenöffnungsverfahren wird auch dann der Luftstrom korrekt gemessen (und zum Luftverbrauch aufaddiert), wenn sich durch Zu- oder Abschalten paralleler Verbraucher jeweils unterschiedliche Aufteilungen der Luftströme ergeben.

- + Auch einsetzbar bei variablen Luftströmen, zum Beispiel in bedarfsgeführten Anlagen.
- + Neben der Verbrauchserfassung liefert der Luftzähler auch fortwährend den Luftstromwert. Somit ist ein quantitatives Luftliefer-Monitoring gegeben – der Nutzer kennt ebenso wie der Bereitstellende/Betreiber zu jedem Zeitpunkt die pro Zone gelieferte Luftmenge. Dies bringt Versorgungssicherheit und unterbindet den schwelenden Streit, der sich vielfach um das Thema „(nicht) ausreichende Luftlieferung“ bildet.
- Höherer Anschaffungspreis im Vergleich zum Klappenöffnungsverfahren.
- Im Vergleich zum Luftenergiezähler: Keine Berücksichtigung der thermischen Verbrauchsgrößen (Wärme- und Kältelieferung über die Luft).

Anzeige

KAUT
THE AIR COMPANY

Für höchste Energieeffizienz GAS-DAMPFBEFEUCHTER LX



- Modularer Aufbau
- Hoher Wirkungsgrad > 103% (H₁), niedrige Stickoxidwerte (NO_x) < 20 ppm
- Niedrige Abgastemperatur < 60 °C
- Betrieb mit enthärtetem Trinkwasser, Trink- oder entmineralisiertem Wasser (Osmose-/VE-Wasser) mit dem gleichen Niveauregelsystem möglich
- Großer Modulationsbereich
- Permanente Leitwertüberwachung
- Abgaswege aus Polypropylenrohren, kein Edelstahlkamin erforderlich
- Niedrige Montage- und Betriebskosten

Tel. 02 02 - 26 82 230 | info@kaut.de



Bild 12: Luftenergiezähler „Luftmeister EZ 55“. (Quelle: Luftmeister GmbH)

4.2.3 Erfassung mithilfe von Luftenergiezählern (Methode A3 oder B2)

Die Luftenergiezähler erfassen nicht nur den Luftverbrauch, sondern zugleich auch die Wärmeenergie- und Kälteenergielieferung in jede Verbrauchszone. Dies geschieht auf Basis einer luftseitigen Nutzenergiemessung, in deren Zuge sowohl der Luftmassenstrom pro Zonen-zuluft als auch die Enthalpieveränderung infolge der Luftaufbereitung erfasst wird. Als Bezugsenthalpie (= energetischer Zustand VOR der Luftaufbereitung) dient dabei eine kontinuierliche Enthalpiemessung vor der ersten Aufbereitungsstufe, also zum Beispiel in der Außenluft (siehe Bild 10).

Der Luftenergiezähler liefert dabei unmittelbar die für die Abrechnung erforderlichen Summenwerte, den Luftverbrauch als Luftvolumenwert sowie den Wärmeverbrauchswert und den Kälteverbrauchswert.

Es folgt ein Beispiel zur Verbrauchserfassung und Abrechnung mithilfe des Luftenergiezählers (siehe Bild 11).

Die Messmethode „Luftenergiezähler“ zeigt die folgenden Vor- und Nachteile:

- + Kontinuierliche Nutzenergieerfassung, unterschieden nach Energiezuführung (Q_{zu}) und Energieentnahme (Q_{ab}). Dadurch wird auch die kostenintensive thermische Luftaufbereitung (Heizen, Kühlen, ggf. Dampfbefeuchten etc.) verbrauchsgerecht berücksichtigt.
- + Auch einsetzbar bei variablen Luftströmen, zum Beispiel in bedarfsgeführten Anlagen.
- + Neben der Verbrauchserfassung und der Nutzenergieerfassung (Wärmelieferung, Kälte-lieferung) erfasst der Luftenergiezähler auch fortwährend den Luftstrom-, Temperatur- und Feuchtwert. Somit ist ein quantitatives und qualitatives Luftliefer-Monitoring gegeben
- Nutzer und Betreiber kennen zu jedem Zeitpunkt die pro Zone gelieferte Luftmenge und deren Luftqualität. Dies trägt in besonderem Maß zum „Abrechnungsfrieden im Haus“ bei, da der häufig schwelende Streit um unzureichende Luftlieferung dank „Zahlen, Daten, Fakten“ beendet wird.
- + Bringt Pluspunkte bei der Nachhaltigkeits-Zertifizierung (LEED, DGNB, BREEAM), da hiermit ein weiteres energieintensives Medium verbrauchsgerecht erfasst wird. So erbringt der Einsatz eines Luftenergiezählers beispielsweise bei den LEED-Kriterien EAc1 und EAc2 Zusatzpunkte
- Höherer Anschaffungspreis im Vergleich zum Luftzähler.

Abschließend ist anzumerken, dass auch eine Kombination der dargestellten Methoden möglich ist. Wird beispielsweise in einem Gebäude auf eine bedarfsgeführte Luftstromversorgung der Nutzungszonen gesetzt, so erfolgt deren Verbrauchserfassung mit Luftenergiezählern (B2). Sollen nun innerhalb dieser Zonen noch weitere „Teilzonen“ gebildet werden, so empfehlen sich für diese Binnenverteilung innerhalb der Zone eine Konstant-Luftstromregelung und eine Unterabrechnung der Teilzonen nach Anteilen aus dem Klappenöffnungsverfahren (A1).

i | AUTOREN
VITA



Dipl.-Wirtsch.-Ing. JENS AMBERG

Bis 1995 Wirtschaftsingenieurstudium, TU Darmstadt
Bis 2002 Anlagenbau-Erfahrung, ABB Gebäudeautomation, Großkälte
Bis heute Messtechnik-Erfahrung, Endress+Hauser, Testo, Luftmeister

Gründer und Geschäftsführer der Luftmeister GmbH
Erfinder des Luftmeister-Luftenergiezählers

Kontakt Luftmeister GmbH
Ottenstraße 2
79199 Kirchzarten
Tel.: +49 7661 3849888
E-Mail: amberg@luftmeister.de
www.luftmeister.de

5. Fazit

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass mit der neuen Richtlinie VDI 2077 Blatt 4 [1] nun eine Regel der Technik für die verbrauchs-basierte Lüftungs-kostenabrechnung vorliegt. Verbunden mit den inzwischen im Markt verfügbaren Mess-erfassungslösungen (siehe etwa **Bild 12**) besteht nun eine klare Grundlage für die Kostenabrechnung der Gebäudeluftversorgung, einem zentralen Medium des Gebäudebetriebs und einem wichtigen Faktor zum Erreichen einer höheren Gebäudeenergieeffizienz.

Literatur

- [1] VDI 2077: „Verbrauchskostenabrechnung in der Technischen Gebäudeausrüstung“, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- [2] § 556a Abs. 1 BGB (Bürgerliches Gesetzbuch).
- [3] Koch, Heinz Peter; Tritschler, Markus: Abrechnung der Energiekosten bei Raumluftechnischen Anlagen. Bundesbaublatt 11-2002, S. 45–49.
- [4] DIN EN 12599:2013-01: Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe raumluftechnischer Anlagen. Deutsche Fassung EN 12599:2012, Beuth Verlag GmbH, Berlin.

Symbolverzeichnis

Q_{zu}	zugeführte Energie (Wärmelieferung)
Q_{ab}	abgeführte Energie (Kältelieferung)
$V_{(punkt)}$	Volumenstrom (Einheit z. B. m^3/h)
V	Volumen (Einheit z. B. m^3)

Abkürzungsverzeichnis

BREEAM	Nachhaltigkeitszertifizierung „Building Research Establishment Environmental Assessment Method“
DAkKS	Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
DGNB	Nachhaltigkeitszertifizierung „Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen“
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LEED	Nachhaltigkeitszertifizierung „Leadership in Energy and Environmental Design“
RLT	Raumluftechnik
WRG	Wärmerückgewinnung

AUTOREN VITA



Prof. Dr.-Ing. GÜNTER MÜGGE

- 1977 – 1985 Studium Energie- und Verfahrenstechnik (Studienrichtung Wärme- und Klimatechnik), TU Berlin
- 1993 Promotion am Hermann-Rietschel-Institut für Heizungs- und Klimatechnik zur Bandbreite des Heizenergieverbrauchs von Gebäuden, TU Berlin
- 1993 – 2007 Projekt-/Abteilungsleitung, Entwicklung von Heizkostenverteilern, Patent- und Zulassungsmanagement, Energiekostenabrechner ista, Essen
- Seit 2007 Professor und Fachgebietsleiter Energiemanagement, Hochschule Lausitz/BTU Cottbus – Senftenberg

Normungs- und Richtlinienarbeit (EN 834, VDI 2077, VDI 3807)

Vorsitzender Richtlinienausschuss VDI 2077

Verfasser zahlreicher Fachaufsätze und Vorträge

Kontakt Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Senftenberg
Fakultät Architektur, Bauingenieurwesen und Stadtplanung
Fachgebiet Energiemanagement
Lipezker Str. 47
03048 Cottbus
Tel.: +49 355 58 18 834
E-Mail: guenter.muegge@b-tu.de
www.b-tu.de/fg-energiemanagement/



Dipl.-Ing. JÖRG SCHMID

- 1976 – 1983 Studium allgemeiner Maschinenbau (Abschluss: Diplom), Schwerpunkte: Heiz- und Raumluftechnik, Kraftfahrzeugwesen, Universität Stuttgart
- 1983 – 1990 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Heizung-Lüftung-Klimatechnik des Instituts für Kernenergetik und Energiesysteme, Universität Stuttgart
- 1990 – 2003 Geschäftsführer, Forschungsgesellschaft Heizung-Lüftung-Klimatechnik Stuttgart mbH
- Seit 2004 Geschäftsführer der HLK Stuttgart GmbH und stellvertretender Leiter der Prüf- und Inspektionsstelle HLK Stuttgart (inkl. Sachverständige Stelle für Heizkostenverteiler nach § 5 HKVO)

Seit vielen Jahren mit dem Thema Heiz- und Wasserkostenabrechnung sowie Energiekostenabrechnung befasst.

Obmann des VDI 2077-4.

Kontakt HLK Stuttgart GmbH
Pfaffenwaldring 6A
70569 Stuttgart
Tel.: +49 711 685 62061
Fax: +49 711 687 6056
www.hlk-stuttgart.de