

Vom Altbau zum 3-Liter-Haus - realisierte Anlagenvarianten im Sanierungsprojekt der GBG Mannheim*

Silke Schmidt

Im 3-Liter-Haus-Projekt hat die Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft GBG ein Wohngebäude aus den 30er Jahren durch umfangreiche Modernisierungsmaßnahmen auf das energetische Niveau eines 3-Liter-Hauses gebracht. Das Projekt wird vom Bund im Rahmen eines Forschungsprojektes¹ für energieoptimierte Gebäude (EnOB) gefördert.



Bild 1: 3-Liter-Haus nach der Sanierung

Bauherr ist die Wohnungsbaugesellschaft GBG Mannheim, Projektpartner sind u.a. die MVV Energie AG, die Fa. Siemens Building Technologies GmbH, das Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP) und der Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart (LHR).

Aufgaben des Lehrstuhls waren die Konzeptentwicklung der Anlagentechnik für Lüftung und Heizung der Wohnungen, Fragen zur Energiebereitstellung sowie die derzeit noch laufende messtechnische Begleitforschung und Auswertung des Vorhabens.

Voraussetzungen für das Erreichen eines 3-Liter-Standards (Verbrauch von 3 Litern Heizöl

pro m² Wohnfläche und Jahr für die Heizung der Wohnungen) sind sowohl die Umsetzung eines hohen Wärmeschutzes der Gebäudehülle als auch eine energieeffiziente Anlagentechnik. Im Vergleich zum durchschnittlichen Wärmedämmstandard des Gebäudebestands in Deutschland stellt der Bedarf von 3-Litern Heizöl, bzw. ein Primärenergiebedarf von 34 kWh/m²a, eine Reduzierung um ca. 75% dar.

Um das energetische Ziel zu erreichen, ist am GBG-Gebäude eine außenseitige Wärmedämmung aus Neopor mit einer Dicke von 20 bzw. 25 cm (Längswand/ Giebelwand) aufgebracht worden. Die Fenster der modernisierten Wohnungen wurden als 3-fach Wärmeschutzverglasungen mit Edelgasfüllung und hochgedämmten Rah-

men ausgeführt. Zusätzlich wurde die Dachkonstruktion komplett erneuert, um einen Wärmedurchgangskoeffizient von 0,11 W/m²K zu erreichen. Die ausgeführte Wärmdämmung des 3-Liter-Hauses ist in der nachfolgenden Tabelle den Anforderungen nach der Energieeinsparverordnung gegenübergestellt.

Bei der Sanierung wurde auf die wärmebrückenfreie Ausführung sämtlicher Bauteilanschlüsse geachtet, um erhöhte Wärmeverluste an kritischen Punkten wie beispielsweise Fensterstürzen und Hauseingängen zu vermeiden. Neben der energetischen Sanierung des Gebäudes wurden Umbaumaßnahmen zur Vergrößerung der Grundrisse der Wohnungen durchgeführt.

Tabelle 1: Wärmedämmung des 3-Liter-Hauses im Vergleich zur Anforderung der Energieeinsparverordnung

	Anforderungen nach Energieeinsparverordnung	Anforderungen für 3-Liter-Haus
Dach	U-Wert = 0,20 W/m ² K z.B. 18 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor	U-Wert = 0,11 W/m ² K 36 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor
Außenwand	U-Wert = 0,23 W/m ² K z.B. 12 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor	<i>Fassadenlängsseite:</i> U-Wert = 0,15 W/(m ² K) 20 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor <i>Giebelwände:</i> U-Wert = 0,12 W/(m ² K) 25 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor
Kellerdecke	U-Wert = 0,30 W/m ² K z.B. 6 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor	U-Wert = 0,11 W/m ² K 25 cm Dämmung aus Polystyrolhartschaum Neopor
Fenster	U-Wert = 1,4 W/m ² K z.B. Zweifach wärmeschutzverglaste Fenster	U-Wert = 0,80 W/m ² K Dreifach wärmeschutzverglaste Fenster mit Edelgasfüllung

Diese waren notwendig, um die Wohnungen an die heute üblichen Marktverhältnisse anzupassen. Aus den ehemals 24 Wohnungen sind inzwischen 12 zeitgemäße Maisonettwohnungen mit Wohnflächen zwischen 70 und 105 m² entstanden.

Der Forschungsschwerpunkt liegt im 3-Liter-Haus auf der Untersuchung verschiedener Anlagenvarianten für die Lüftung und Heizung der Wohnungen. Die fünf realisierten Systemvarianten verfügen alle über ein zentrales Wohnungslüftungsgerät mit einer hocheffizienten Wärmerückgewinnung (WRG) für die Minimierung des Lüftungswärmebedarfs. Eine maschinelle Be- und Entlüftung der Wohnungen ist aufgrund der hohen Dichtheit des Gebäudes notwendig, um einen hygienischen Luftwechsel in den Wohnungen zu gewährleisten.

Die Bandbreite der umgesetzten Konzepte reicht von Luftheizsystemen über Anlagenvarianten mit separaten Systemen für die Beheizung und Belüftung bis hin zu einer Variante, bei der eine sommerliche Kühlung realisiert ist (Übersicht über die Anlagenvarianten siehe Tabelle 2). Bei den Luftheizungen wurden sowohl Systeme mit Einzonen-Temperaturregelung als auch mit Mehrzonenregelung, wie z.B. mit geschossweise oder raumweise getrennt regelbarem Temperaturniveau, eingesetzt. Hierdurch wird die Einstellung unterschiedlicher Temperaturen, z.B. in Wohn- und Schlafräumen, ermöglicht. Um eine schnellere Temperaturregelfähigkeit und damit einen höheren Komfort zu erreichen, wurden Anlagenvarianten realisiert, bei denen für die Heizung der Wohnungen wasserführende Systeme eingesetzt werden

(Heizkörper, Kapillarrohrmatten). Diese beziehen das Heizwasser aus dem vorhandenen Nahwärmenetz. Die Lüftungsanlage dient in diesen Anlagenvarianten nur der Lüftung und ist unabhängig von der Heizung.

Tabelle 2: Übersicht über die realisierten Anlagenvarianten im 3-Liter-Haus

Variante 1	Luftheizung mit Einzonen-Temperatur-Regelung (EG)
Variante 2	Luftheizung mit Temperatur-Regelung pro Geschoss (EG/OG)
Variante 3	Luftheizung mit Temperatur-Regelung pro Raum
Variante 4	Heizkörper und Belüftung
Variante 5	Kapillarrohrmatten und Belüftung

Die Variante mit Kapillarrohrmatten ermöglicht zusätzlich eine Kühlung der Wohnung im Sommer. Dazu werden die Kapillarrohrmatten mit Kühlwasser durchströmt, das mit Hilfe eines Erdkollektors bereitgestellt wird. Im Winter unterstützt der Erdkollektor die Beheizung durch Luft-Vorwärmung.

Zur Wärmeerzeugung für das 3-Liter-Haus befindet sich in der Nahwärmezentrale ein Stirlingmotor mit 6 kW thermischer Leistung, der die Grundlast von Heizung und Trinkwassererwärmung deckt. Zur Deckung der Spitzenlasten steht ein Brennwertkessel zur Verfügung. Die Erwärmung von Trinkwasser erfolgt dezentral über Wohnungswärmestationen. Hierdurch entfallen der Trinkwasserspeicher und entsprechend die Bereitstellungsverluste.

Im Rahmen der Begleitforschung werden rund 2000 Messdatenpunkte in Gebäude, Wohnungen, Anlagensystemen, Nahwärmezentrale und Wetterstation aufgezeich-

net. Dies ermöglicht detaillierte Überprüfungen des Anlagenverhaltens, z.B. der Funktion der Anlagen und der Regelstrategien, oder Analysen des Nutzerverhaltens im Hinblick auf den Energieverbrauch. Ebenfalls überprüft wird die Erreichung des energetischen Zieles (3-Liter-Niveau).

Die Messdaten aus der Heizperiode 2004/05 zeigen, dass die in der Praxis häufig eingesetzte Luftheizung mit einer Einzonenregelung zu deutlichen Temperaturdifferenzen zwischen Erd- und Obergeschoss führt (teilweise 2 bis 4 Kelvin). Luftheizungssysteme mit einer Mehrzonenregelung (z.B. EG und OG oder raumweise) oder Systeme mit Zusatzheizungen zeigen diese Problematik deutlich weniger ausgeprägt. Die Temperaturdifferenzen treten auf, da im EG aufgrund der stärkeren Außenkopplung (z.B. über die Bodenplatte) höhere Wärmeverluste zu verzeichnen sind und die daraus resultierenden unterschiedlichen Wärmeanforderungen der beiden Stockwerke von einem System mit einem einzigen Zulufttemperaturniveau nicht erfüllt werden können. Außer dieser Temperaturproblematik beim Luftheizsystem mit Einzonenregelung sind die Mieter mit den verschiedenen Anlagenvarianten zufrieden. Notwendig war jedoch besonders anfangs eine intensive persönliche Mieterbetreuung, um Hilfestellung bei der Umgewöhnung auf Luftheizsysteme zu geben und das Handling mit den Systemen zu erläutern bzw. Berührungsängste abzubauen. Die Bewohner heben nach dem ersten Betriebsjahr die gute Bedienbarkeit der Anlagen hervor.

¹ PTJ, Förderkennzeichen: 0329750Q

* In den Blättern des HLKBRIEFes wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V (Herausgeber) berichtet. Pfaffenwaldring 6A, 70569 Stuttgart. E-Mail: info@vdf.info.

VDI Ehrungen 2003 und 2004

Albert-Tichelmann-Preis

Zur Förderung des Nachwuchses verleiht die VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung jährlich den *Albert-Tichelmann-Preis* an Absolventen von Fachhochschulen und Universitäten für herausragende Arbeiten (zum Beispiel Diplom- oder Studienarbeit) auf dem Gebiet der Technischen Gebäudeausrüstung. Der Preis wurde zur Erinnerung an den Wissenschaftler Albert Tichelmann gestiftet, einem der bekanntesten Fachleute auf dem Gebiet der Heizungs-, Klima- und Sanitärtechnik und „vorbildlichen Ingenieur“. Der jeweilige Betreuer des vorgeschlagenen Preisträgers fasst ein Gutachten ab, das nicht nur das hervorragende fachliche Niveau der eingereichten Arbeit, sondern auch Fremdsprachenkenntnisse, Teamfähigkeit und Führungseignung des Vorgeschlagenen bestätigen muss. Im Jahre 2003 entschied der Ehrenausschuss des VDI TGA sich für die Studienarbeit *„Das Nutzenübergabeverhalten von Systemen der Bauteilaktivierung“* von Tobias Burkhard, der am Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik an der Universität Stuttgart als wissenschaftliche Hilfskraft beschäftigt war. In seinem Gutachten führte Professor Michael Schmidt aus: *„In herkömmlichen Bürogebäuden in Deutschland konnten die thermischen Lasten im Sommer in vielen Fällen über eine Fensterlüftung abgeführt werden. Eine Architektur mit großzügig verglasten Fassaden in Kombination mit hohem Wärmedämmstandard und hohen inneren thermischen Quellen bedingt den Einsatz von Kühlsystemen.“*

Eine Alternative zu herkömmlichen Anlagen zur Raumkühlung wie RL-Anlagen und Kühldecken sind Systeme, die beim Heizen und Kühlen die gebäudeeigenen Speichermassen nutzen. In der Studienarbeit von Tobias Burkhard werden mit dem Mittel der rechnerischen Simulation solche Systeme untersucht. Betrachtet wird die Kombination einer aktivierten Decke mit einer idealen, konvektiven Zusatzheizung und -kühlung. Angestrebt wurde - neben der thermischen Funktionserfüllung - ein niedriger Gesamtenergieaufwand bei hohem Deckungsbeitrag der Bauteilaktivierung.“ Mit dem Preis verbunden war u.a. die Teilnahme an einem Wintermeeting der amerikanischen Partnerorganisation des VDI, ASHREA, in Anaheim (Kalifornien).

VDI-Ehrenplakette

Mit der *VDI-Ehrenplakette* des VDI ehrt der Verein Deutscher Ingenieure seit 1948 verdiente ehrenamtliche Mitarbeiter des VDI. Im September 2004 empfing Professor Siegmund Hesslinger, ehemals wissenschaftlicher Mitarbeiter der Abteilung Heizung Lüftung Klimatechnik (Prof. Heinz Bach) und bis vor kurzem Leiter des Studiengangs Energie- und Reinraumtechnik und Prorektor an der Fachhochschule Offenburg, auf dem 17. Internationalen Reinraumsymposium in Bonn die Ehrenplakette aus den Händen des VDI für sein langjähriges Engagement im Ehrenamt.

Hermann-Rietschel-Ehrenmedaille

Die *Hermann-Rietschel-Ehrenmedaille* des VDI wird seit 1991 von der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung in Würdigung der hervorragenden und beispielhaften Persönlichkeit des Namensgebers verliehen. Sie zeichnet besonders verdiente ehrenamtliche Mitarbeiter oder Ingenieure aus, die auf dem Gebiet der Technischen Gebäudeausrüstung besondere Verdienste erworben haben. Professor Dr.-Ing. Michael Schmidt, Inhaber unseres Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik wurde am 22. Oktober 2004 im Rahmen der 12. Jahrestagung der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (VDI-TGA) in Vaduz mit der Hermann-Rietschel-Ehrenmedaille ausgezeichnet. Er erhielt laut Pressemitteilung die Ehrung „in Anerkennung seiner langjährigen wegweisenden Arbeit als Mitglied des Vorstandes und des Beirates der VDI-TGA. Als Vorsitzender hat er große Verdienste bei der Ausrichtung und Leitung der VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung erworben, die er in der nationalen und internationalen Vereinslandschaft neu positioniert hat. Er hat erheblich zur fachlichen Weiterentwicklung der Branche beigetragen. Bei der Erarbeitung von Richtlinien und der Durchführung von Fachtagungen hat er den Kollegen sein Fachwissen stets zur Verfügung gestellt.“

Entwicklung eines sensorgesteuerten modulierenden Ölbrenners*

Bernd Klein¹⁾, Marko Völkel²⁾, Frank Hammer³⁾

Bei Kleinfeuerungsanlagen soll unter allen Betriebsbedingungen ein hoher feuerungstechnischer Wirkungsgrad bei gleichzeitig minimalem Schadstoffausstoß gewährleistet sein. Konnte man dies bisher noch durch eine Ein-Punkt-Einstellung des Brennstoff-Luft-Gemisches vor Ort in den Griff bekommen, so fällt dies bei modernen Geräten zunehmend schwerer. Hier geht der Trend zum einen hin zu Geräten, die über einen weiten Leistungsbereich modulieren können. Auf der anderen Seite ist die Qualität des Brennstoffes aufgrund der Liberalisierung des Energiemarktes immer größeren Schwankungen unterworfen. Kommt dann noch eine raumluft-unabhängige Betriebsweise mit LAS-System hinzu, so ergeben sich immer weniger vorhersehbare Betriebsbedingungen. Eine optimale Lösung für dieses Problem ist die Emissionskantenregelung des Brennstoff-Luftverhältnisses mit Hilfe eines Sensors im Abgas. Eine solche Regelung wurde exemplarisch mit Hilfe eines neuartigen Sensors im Labor von HLK Stuttgart aufgebaut und damit die Funktionsfähigkeit nachgewiesen.

Zum Detektieren von brennbaren Gasen (CO_2) im Brennerabgas werden Sensoren der Firma ESCUBE GmbH vom Typ CarboSen1.000 verwendet. Das Prinzip der Sensoren basiert auf der Festkörperelektrolyse. Über eine Elektronik wird der Sensor auf einer konstanten Temperatur von ca. 630°C gehalten. Gemessen wird die Potentialdifferenz an den Elektroden, die mit steigendem CO -Anteil größer wird. Es ergeben sich

sensorspezifische Ansprechzeiten von weniger als einer Sekunde.

Das Sensorverhalten kann annähernd als logarithmisch beschrieben werden. Dies ermöglicht eine sehr hohe Sensitivität bei kleinen Konzentrationen von CO . Der Sensor zeichnet sich durch mechanische, thermische und chemische Robustheit auf Grund der verwendeten Materialien (Keramiken, Glas, Edelmetalle) aus. Für den Demonstrationsaufbau wird ein modulierender Öl-Blaubrenner der Fa. Herrmann Burners GmbH mit einer Nennleistung von 20 kW verwendet. Der Brenner enthält als Stellglieder für die Regelung des Brennstoff-Luftverhältnisses ein stufenlos ansteuerbares Gebläse sowie eine stufenlos ansteuerbare Brennstoffpumpe. Bei der Brennstoffpumpe handelt es sich um eine von der Fa. Herrmann entwickelte MCP-Pumpe, eine Kolbenpumpe mit integriertem direktem Magnetantrieb. Die Pumpe besitzt eine lineare Kennlinie bei einem Druck bis 100 bar und erzielt eine hohe Dosiergenauigkeit. Der Brenner wird als Sturzbrenner auf einem Brennwert-Ölkessel der Fa. Rotex betrieben. Der Sensor ist im Abgasstutzen des Kessels montiert. Die Ansteuerung und Regelung des Brenners erfolgt mit Hilfe von Feldbusmodulen und einem PC mit einer Steuersoftware basierend auf NI-LabView.

Wird der Brenner gestartet, erfolgt dies auf einer sicheren Kennlinie mit $1,2 \leq \lambda \leq 1,3$ in Abhängigkeit der Kesselleistung. Nach einer Stabilisierung der Verbrennung wird die aktuelle Emissionskante gesucht. Dies erfolgt über die Re-

duzierung der Lüfterdrehzahl, bei konstanter Brennerleistung. Zur Beurteilung des CO -Gehaltes im



CarboSen1.000

Brennerabgas wird die Sensorspannung ausgewertet. Entscheidend hierbei ist die zeitliche Änderung des Sensorsignals. Dies erfolgt so lange, bis der zeitlich betrachtete Spannungsgradient am Sensor einen festgelegten Schwellwert übersteigt. Anschließend wird die Lüfterdrehzahl um einen festgelegten Betrag erhöht, die Verbrennung läuft nun optimal bei $1,05 \leq \lambda \leq 1,1$. Dies ist in Bild 1 dargestellt. Ähnlich verhält sich das Regelsystem, wenn sich äußere oder innere Parameter mit Einfluss auf die Verbrennung ändern. Bewegt sich die Verbrennung in einen schlechten Bereich, steigt das Sensorsignal entsprechend an. Geschieht dies schnell, steigt das Sensorsignal entsprechend dem Suchen der Emissionskante und das gleiche Regelverfahren wird angewendet. Sind die Änderungen langsam, steigt das Sensorsignal entsprechend langsam an. In diesem Fall ist das Überschreiten eines vorgegebenen Schwellwertes maßgebend, da die herkömmliche

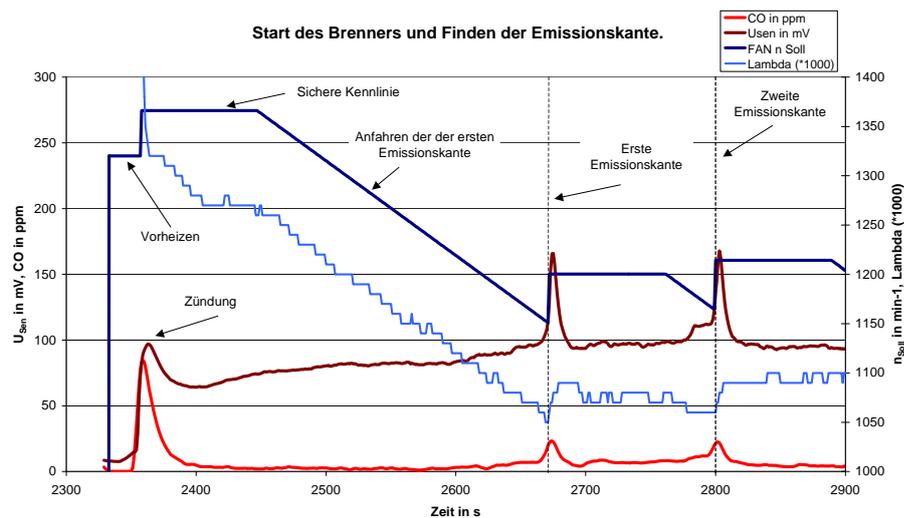


Bild 1: Finden der Emissionskante

Regelung nicht anspricht. Ist dieser Schwellwert überschritten, wird die Lüfterdrehzahl um einen festen Betrag erhöht und das Verhalten der Sensorspannung im Anschluss ausgewertet. Mit dem vorliegenden Versuchsaufbau konnte nachgewiesen werden, dass sich der CarboSen1.000 mit seinem Betriebsverhalten zum Aufbau einer Verbrennungsregelung für modulierende Kleinfeuerungsanlagen hervorragend eignet. Das Sensorsystem erkennt Veränderungen der Verbrennungsbedingungen, z.B. durch Witterungseinflüsse, Brenn-

stoffqualität oder Störungen im System (z.B. Veränderungen im Abgasweg) und gleicht diese aus. In der folgenden Übersicht sind nochmals die wichtigsten Merkmale für einen Brenner ohne und mit Sensorsteuerung gegenübergestellt. Neben den betriebswirtschaftlichen und umwelttechnischen Vorteilen für Anlagenbauer und Anlagenbetreiber stehen somit vor allem die Prozesssicherheit der Verbrennung und die Möglichkeit der Eigendiagnose im Vordergrund.

Dieses Projekt wird unterstützt von:

- Friedrich-und-Elisabeth-BOYSEN-Stiftung
 - HLK Stuttgart GmbH
 - Escube GmbH³
 - Rotex GmbH
 - Hermann Burners GmbH
 - Lamtec GmbH
 - Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik (LHR), Universität Stuttgart
- 1) HLK Stuttgart GmbH
 - 2) Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik (LHR), Universität Stuttgart
 - 3) Escube GmbH

	Nicht CO-geregt	CO-geregt
Brennstoff/Luft - Verhältnis	1,2 - 1,3	1,05 - 1,1
CO ₂ im Abgas in %	ca. 12	14 - 15
Theor. Abgasverlust in % nach BlmSchV	4,9	4,1
CO Überwachung	Intermittierend (Jährlich)	Kontinuierlich
CO _{max} -in mg/kWh im Betrieb	110	bis ca. 15
Wechselnde Brennstoffqualität	Gefahr unvollständiger Verbrennung bzw. schlechter Wirkungsgrad	Betrieb immer mit maximalem Wirkungsgrad
Inbetriebnahme	Anpassung durch Monteur	selbstadaptiv
Service	Turnusgemäß, oft unnötig, Bei Störung Ausfall der Anlage	Selbstüberwachend, Service nur bei Bedarf, präventive Wartungsanforderung vor Anlagen-ausfall
Betriebssicherheit	Sicherer Betrieb zu Lasten des Wirkungsgrades	Erkennt Veränderungen, regelt nach
Modulation	Aufwendige Kennfeldbestimmung mit Kompromissen und Sicherheitszuschlägen	Einfach möglich

* In den Blättern des HLKBRIEFes wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V (Herausgeber) berichtet. Pfaffenwaldring 6A, 70569 Stuttgart. E-Mail: info@vdf.info.

PERSONALIA

Einige personelle Veränderungen ergaben sich am Lehrstuhl Heiz- und Raumluftechnik (LHR):

September 2003 verließ uns **Dr.-Ing. Armin Walz**, um in der Forschungsabteilung von Modine Europe GmbH zu arbeiten.

Dr.-Ing. Robert F. Grob, ist seit Juni 2003 bei DS-Plan GmbH im Bereich Gebäudeautomation tätig.

Im Nov. 2003 wechselte **Dr.-Ing. Jörg Dipper** zu Modine Europe GmbH, einem Zulieferer der Automobilindustrie.

Im März 2004 begann **Dr.-Ing. Raphael Haller** seine Tätigkeit bei BEHR Industry, einer Tochter des Automobilzulieferers Behr GmbH & Co KG.

Seit April 2004 arbeitet **Dipl.-Ing. Bing Gu** als Stipendiatin auf dem Gebiet der CFD-Simulation am LHR.

Im Mai 2004 stieß **Dipl.-Ing. Silke Schmidt** zu uns. Ihr Schwerpunkt sind regenerative Energiesysteme.

Im November 2004 kam **Dipl.-Ing. Thomas Schlosser** (Simulation von Gebäuden und Anlagen) von der TU Dresden nach Stuttgart.

Seit Januar 2005 forscht **Dipl.-Ing. Marko Völkel** im Bereich CO₂-geführte Brennerregelung am LHR.

Seit Februar 2005 ist **Dipl.-Ing. Heiko Krispin** (Prüfbereichsleiter Heizkostenverteilung) bei BEHR Thermot-Tronik GmbH beschäftigt.

Im HLKBRIEF wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumluftechnik am IKE der Universität Stuttgart, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich Heizung Lüftung Klimatechnik Stuttgart e.V. berichtet.

Seit dieser Ausgabe erscheint der HLKBRIEF in neuer Form: als Loseblattsammlung; so können einzelne Artikel bestellt werden.

www.uni-stuttgart.de/lhr/

www.vdf.info

www.hlk-stuttgart.de

Studien- und Diplomarbeiten 2003 - 2005

Ankelin, Philipp: Einsatz und Vergleich verschiedener Rechenmodelle zur Abbildung bauteilintegrierter Systeme im Bereich der Nutzenübergabe, Verteilung und Erzeugung.

Bechtle, Harald: Planung und Aufbau eines Versuchsstandes zur Bestimmung der Leistungsabgabe von Elektrospeichergeräten.

Bretzler, Jochen: Experimentelle Untersuchung von Erfassungseinrichtungen – Einfluss der Stoffquelle auf den Erfassungsgrad.

Bretzler, Jochen: Konstruktion von elektrisch beheizten Wärmequellen zur thermischen Simulation von Produktionseinrichtungen und Erprobung im Prüfstand für Erfassungseinrichtungen.

Burkhard, Tobias: Einsatz und Vergleich verschiedener Simulationsmodelle zur Bauteilaktivierung.

Demirkapi, Sems: Entwicklung eines auf gemessenen Betriebspunkten basierenden Kennlinienmodells für Wärmeübertrager.

Gu, Bing: Der Einfluss veränderter Randbedingungen auf die Leistung von Kühldecken.

Gu, Bing: Ermittlung des Einflusses des Bodenabstandes auf die Heizleistung bei Heizkörpern niedriger Bauhöhe mit hohem Konvektionsanteil.

Keppler, Florian: Hygienische Nutzenanforderungen und Auswirkungen der Wärmerückgewinnung auf die Nutzenübergabe in Wohngebäuden.

Obholz, Natalia: Experimentelle Untersuchung zur Bereifung und Frostschutzstrategie von Wohnungslüftungsgeräten mit Wärmeübertrager.

Oraczewski, Marek: Klimatisierung von Hallenbädern unter Ausnutzung der Technik indirekter Verdunstungskühlung.

Pfannkuchen, Eva: Bestimmung des Energieaufwandes der Luftverteilung in Industrieböden am Beispiel des Smart-Entwicklungszentrums in Böblingen.

Steck, Michael: Modell zur Simulation von Wohnungslüftungsgeräten mit Wärmeübertrager im Wärmerückgewinnungs- und Frostschutzbetrieb.

Dissertationen und Forschungsberichte 2002 - 2005

Beck, Christoph: Thermisches Verhalten von Kühldecken. Dissertation. Mitteilung Nr. 9. Universität Stuttgart 2002

Dipper, Jörg: Der Energieaufwand der Nutzenübergabe bei Einzelheizgeräten. Dissertation. Mitteilung Nr. 10. Universität Stuttgart 2002

Grob, Robert F.: Überprüfung von Automatisierungsfunktionen heiz- und raumluftechnischer Anlagen. Dissertation. Mitteilung Nr. 11. Universität Stuttgart 2003

Menge, Klaus: Einfluss des Strahlungsanteils auf den energetischen Aufwand von Deckenstrahlplatten. Dissertation. Mitteilung Nr. 12. Universität Stuttgart 2003

Walz, Armin: Auslegung luftechnischer Einrichtungen zur Stofffassung. Dissertation. Mitteilung Nr. 13. Universität Stuttgart 2003.

Haller, Raphael: Anforderungsorientierte Planung von Gebäuden mit heiz- und raumluftechnischen Anlagen. Dissertation. Mitteilung Nr. 14. Universität Stuttgart 2004

Dittes, Walter: Methoden zur Darstellung der Luftströmung in Fabrikhallen und Regeln für eine optimierte Lüftung. (Posthumveröffentlichung). Mitteilung Nr. 15. Universität Stuttgart 2004.

Treiber, M., Schmidt, M., Bach, H., Bauer, M.: GIT Siegen. Energetische Optimierung SolarBau Teilkonzept 3, Planung und Optimierung. Universität Stuttgart 2002.

Schmidt, M., Knabe, G., Kolarik F., Lampert, J.: Bestimmung des Energiebedarfs zur Optimierung von Luftkanalsystemen raumluftechnischer Anlagen (BOLKA I) Universität Stuttgart, 2004.

Anforderungsorientierte Planung von Gebäuden mit heiz- und raumlufttechnischen Anlagen*

Raphael Haller¹⁾

Bei der Planung von Gebäuden und heiz- und raumlufttechnischen Anlagen werden in den frühen Planungsphasen die wesentlichen Entscheidungen im Hinblick auf die zu erwartenden Eigenschaften, Funktionen, die Kosten und den Ressourcenverbrauch gefällt.

Im bisher praktizierten Verfahren der Planung und Realisierung dieser Anlagen werden herzustellende Eigenschaften und Funktionen nicht oder nur unzureichend definiert, fixiert und kritisch hinterfragt. Dies geschieht mit dem – oft nur gedanklichen – Verweis auf einschlägige Normen und Richtlinien. Dabei wird aber übersehen, dass dem häufig zufällige Entscheidungen über vorzusehende Anlagen und Anlagenfunktionen vorausgehen und dass objektbezogene Anforderungen, wie z.B. bestimmte Behaglichkeitsfunktionen, undefiniert bleiben.

In der Planung ist unter den derzeit gültigen Rahmenbedingungen (HOAI, Kosten- und Zeitdruck) eine ausreichend sorgfältige Entwicklung von Lösungen vielfach nicht gewährleistet. Nicht abgesprochene Annahmen führen zu Planungsfehlern, die angestrebte integrale Gebäudeplanung findet nicht statt. Dies führt in der Konsequenz zu Planungslösungen, die durch nicht vergleichbare Funktionen nur noch durch den Vergleich von Preisen bewertet werden. Eine funktions- und bedarfsgerechte Lösung wird nicht erreicht. Bei der Abnahme der Anlagen entsteht dann oft das Problem festzustellen,

welcher Leistungsaspekt der Anlage bestellt ist und demzufolge bei der Abnahme nachzuweisen ist. Im Betrieb der Anlagen herrscht dann Unklarheit über die Funktionserfüllung der Anlagen, wenn die Raumnutzer andere Erwartungen haben als die Planungs- und Ausführungsbeteiligten.

Zur Lösung dieser Problemstellung wird die „Anforderungsentwicklung“ eingeführt, mit der die Ermittlung und Festlegung von definierten Planungsparametern erzwungen wird.

Am Beginn dieser Betrachtung steht die Definition des Nutzens, indem der Gebäudezweck, die Gebäudeteilzwecke, die Raumzwecke sowie die Raumteilzwecke festgelegt werden. Für diese Nutzungsbereiche müssen nach einer umfangreichen Systematik phasenbezogene Anforderungen festgelegt werden.

Die Systematik beinhaltet die Definition von Zustandseigenschaften, wie thermische und stoffliche Eigenschaften und Beziehungseigenschaften, wie z.B. die Nähe oder Nachbarschaft zu anderen Raumzwecken. Weiter werden ökonomische und ökologische Eigenschaften eingeordnet. Nutzungsbedingungen werden beschrieben durch Nutzungszeiten, Angaben zu vorliegenden Wärmequellen sowie zu Stoff- und Geruchsquellen.

Für die notwendige Präzisierung dieser Eigenschaften werden Attribute eingeführt. Damit werden die Eigenschaften in ihrer Art, ihrem Wert, ihrem Ortsverhalten und in

ihrem zeitlichen Verhalten definiert. Hierfür ergeben sich umfangreiche Datenräume, die in Form von Katalogen für jede beliebige Planungsphase bereitgestellt werden können. Damit ist die Grundlage geschaffen, um die komplette, konsistente Datenmenge sicherzustellen. Diese Datenräume stellen die Obermenge der möglichen Daten dar. Sie sind im Hinblick auf das einzelne Planungsobjekt auf die notwendigen Eigenschaften und Attribute zu reduzieren. Die dabei entstehende Untermenge ist dann, für das spezielle Planungsobjekt, zu parametrieren.

Damit ist die Menge der Planungsdaten entstanden, die Anforderungen betreffen. Diese sind nicht von den Planungsbeteiligten beeinflussbar. Sie haben einen grundsätzlich anderen Verfügungscharakter als Planungsdaten in der gegenwärtigen Planung. Dieses Datenmodell umfasst je nach Planungsphase alle Informationen (und im optimalen Fall nur die, die in der aktuellen Phase erforderlich sind) und diese mit der Auflösung und der Genauigkeit, die der jeweiligen Phase entspricht.

Aus den festgelegten Anforderungen werden nun zugehörige Funktionen gefolgert. Hierfür werden die für die Konzeption notwendigen Gebäude- und Anlagenfunktionen systematisch anhand der Subsysteme „Entwurf“, „Baukonstruktion“, „Bauphysik“ und dann erst „Anlagentechnik“ ermittelt (Bild 1). Jedem Subsystem werden nacheinander Anforderungen ge-

stellt. Daraus ergeben sich geforderte Funktionen der Subsysteme. Diese können die Subsysteme ganz, teilweise oder gar nicht erfüllen. Wird die geforderte Funktion nur teilweise oder gar nicht erfüllt, wird die Anforderung - ggf. präzisiert – an das nachstehende Subsystem gestellt. Damit stehen die von den Subsystemen zu leistenden Funktionen fest.

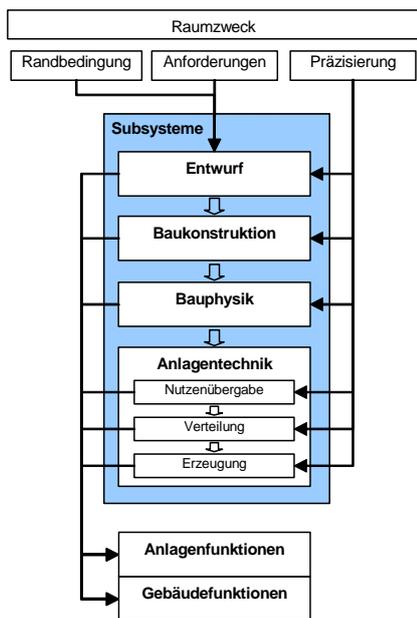


Bild 1: Prozess der Anforderungsentwicklung

Die Daten werden jeweils in ein Pflichtenheft übertragen. Es ist in Inhalt und Aufbau so gestaltet, dass es im Zuge der Planung und Ausführung zeitlich stetig fortgeschrieben und präzisiert wird, ohne dass damit ursprüngliche Nutzungsaspekte in Frage gestellt oder sogar außer Kraft gesetzt werden. Das Pflichtenheft dient dabei als Basis und als planungs- und ausführungsbegleitendes Werkzeug der Qualitätskontrolle.

Das Pflichtenheft ist in Form von hierarchisch strukturierten Tabellen aufgebaut. Durch deren Ausfüllung wird für den Anwender sichergestellt, dass alle relevanten Parameter erfasst werden bzw. dass auf bestimmte Parameter – jetzt aber bewusst – verzichtet wird. Die Anforderungsentwicklung wird ferner in ein Vorgehensmodell überführt, mit dem der Anwender einen gesteuerten und nachvollziehbaren Ablauf der Anforderungsentwicklung ausführen kann. Für die Konzeption der Anlagentechnik steht somit eine detaillierte, funktionale Beschreibung zur Verfügung.

Am Beispiel der Grundlagenermittlung und der Vorplanung wird gezeigt, wie die Grundlagen für

die Planungsschritte festgelegt werden. Hierfür wird die beschriebene Methode in Form eines Leitfadens dargestellt. Als Werkzeug zur Umsetzung dieser Anforderungsentwicklung werden Pflichtenhefte beschrieben, mit denen, bezogen auf die konkrete, anstehende Planungsaufgabe, für jeden Planungsabschnitt das Verzeichnis der zu vereinbarenden Parameter und Leistungen aufgelistet werden kann.

Damit können auch die folgenden Planungsprozesse wie Entwurfs- und Ausführungsplanung unterstützt werden. Bei der Fortführung der am Beispiel „Grundlagenermittlung“ und „Vorplanung“ angewendeten Methode wird gleichzeitig die Grundlage für die Inbetriebnahme- und Betriebsüberwachungsprozesse geschaffen, die der Planung und der Ausführung folgen.

- 1) Haller, Raphael (BEHR GmbH & Co KG, Stuttgart): Anforderungsorientierte Planung von Gebäuden mit heiz- und raumluftechnischen Anlagen, Mitteilung Nr. 14, Stuttgart 2004 (Dissertation über den Herausgeber erhältlich).

* In den Blättern des HLKBRIEFes wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumluftechnik der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V (Herausgeber) berichtet. Pfaffenwaldring 6A, 70569 Stuttgart. E-Mail: info@vdf.info.

Walter Dittes: Methoden zur Darstellung der Luftströmung in Fabrikhallen und Regeln für eine optimierte Lüftung (Posthumveröffentlichung)*

Heinz Bach

Bei seinem allzu frühen Tod 1998 hinterließ Walter Dittes eine nahezu vollständige Dissertation, die nun seit dem Herbst 2004 in gedruckter Form vorliegt /1/. Sie stellt einerseits ein Resümee aus 15 Jahren Forschung über die Luftströmung in Räumen dar und liefert andererseits eine Methode, mit der das Strömungsgeschehen im Raum zu verstehen und gezielt zu gestalten ist. Dabei stellte sich als eigentliches Ziel einer Lüftung das Herstellen eines konkreten speziellen Nutzens für einen Prozess in einem Raum wie auch für die dort sich aufhaltenden Personen heraus, Ziel ist also nicht die Lieferung eines durch Norm festgelegten raumbezogenen Luftstroms. Dieser Erkenntnisgewinn führte zu dem für die gesamte Heiz- und Raumlufttechnik sehr fruchtbaren programmatisch gemeinten Begriff „Nutzenübergabe“. Mit ihm konnte die Bedeutung der den Lufttransport und die Luftbehandlung bestimmenden Luftführung aufgedeckt und bewertet werden.

Wenn das Ziel die Übergabe eines räumlich und zeitlich vorgegebenen Nutzens zu sein hat, ist ein von definierten Anforderungen ausgehendes methodisches analytisch begründetes Vorgehen geboten. Die Alternative hierzu, ein sich aus Erfahrung anbietendes RLT-Konzept im Labor oder durch Strömungssimulation zu erproben, kann nur zu einem singulären Ergebnis führen; mehrere Konzepte experimentell oder durch Simulation durchzuspielen, ist sehr aufwendig und zeigt auch nur das spezielle Verhalten der gewählten Konzepte, führt also nicht gesichert zur nachweisbar optimalen Lösung. Zudem besteht eine Unsicherheit bei der Wirklichkeitsnähe des Experiments oder der Simulation. Walter Dittes verzichtet daher bewusst auf die üblich gewordene Strömungssimulation, stattdessen identifiziert er die unterscheidbaren Vorgänge im Gesamtströmungsgeschehen und fügt sie in ein Ordnungsschema. Um eine Vollständigkeit der allgemein vorkommenden Phänomene zu erhalten, wird die Fabrikhallenlüftung herangezogen. Bei ihr ist die gesuchte Vollständigkeit prinzipiell gegeben, zudem sind wegen der Hallengröße und der meist vorhandenen Wärmequellen die Strömungsvorgänge besonders deutlich gegeneinander abzugrenzen. Alle anderen Anwendungsfälle für Lüftung, wie z. B. in Wohnungen, Büros, Schulen oder Küchen, liefern lediglich Untermengen der Vorgänge, können aber mit den Erkenntnissen aus der

Fabrikhallenlüftung sinngemäß abgehandelt werden. Die Erkenntnisse von Walter Dittes sind vor seiner nun vorliegenden Arbeit in die Lehre bereits eingeflossen, auch wurde institutsintern sein Thema weiterbehandelt. So sind aus der Arbeitsgruppe und seinem Kollegenkreis eine Reihe von Nachfolgearbeiten /2/ bis /7/ erschienen. In den dabei ausgelösten Diskussionen wurden einige von ihm eingeführte Begriffe fortentwickelt. Da die neueren sich als verständlicher erwiesen haben, sollen sie im Folgenden mit einem Hinweis verwendet werden. Das von W. Dittes eingeführte Ordnungsschema besteht nun in:

- I. der Unterscheidung von *Lastabfuhrprinzipien* und *Grundströmungsformen*,
- II. der Unterscheidung von 6 *Strömungszonentypen*
- III. der Unterscheidung von 4 *Lastquellenkategorien*

I. Lastabfuhrprinzipien sind (Bild 1) Verdrängen, Verdünnen und „Zonieren“ (in seiner Arbeit spricht W. Dittes von „Schichten“).

Grundströmungsformen sind die Kolbenströmung (Bild 2 und Bild 4 oben rechts), die Mischströmung (Bild 3 und Bild 4 unten links) und die Schichtströmung (Bild 1 unten, Bild 4 unten rechts und Bild 5).

Die Bilder belegen die Notwendigkeit, bei der Gliederung der Lüftungsarten nicht allein die Unterschiede bei der Strömung, sondern zunächst die Unterschiede bei der übergeordneten Lastabfuhr zu berücksichtigen. Beim

Zonieren nämlich wird der Aufwand für die Lastabfuhr maßgeblich dadurch bestimmt, dass nur in einer im Lüftungsbetrieb festgehaltenen Raumzone die Sollbedingungen hergestellt werden. Diese Raumzone ist meist als eine untenliegende Schicht durch eine horizontale Grenzebene vom in der Regel ungenutzten Restraum getrennt (deshalb war zunächst vom „Schichtprinzip“ die Rede); sie kann aber auch quaderförmig sein und sich zusätzlich durch vertikale Flächen vom Restraum abgrenzen (siehe Bild 4 oben rechts). Wenn sie die im Pflichtenheft festgelegten Abmessungen besitzt, ist sie identisch mit der „Anforderungszone“ (Dittes spricht vom „Arbeitsbereich“); allgemein ist sie die Zuluftzone (oder Mischzone, je nach Luftführungsart), die prinzipiell größer, gleich oder kleiner als die Anforderungszone sein kann. In jedem Fall handelt es sich bei der gezielt hergestellten Raumzone um ein unbewegliches Gebilde; es einem Verdrängungsvorgang zuzuordnen, ist physikalisch falsch, genauso falsch wie der englische Begriff hierfür: „displacement“.

Die beiden ersten Lastabfuhrprinzipien Verdrängen und Verdünnen (Bild 2 und 3) lassen sich nur mit den zugehörigen Grundströmungsformen Kolbenströmung und Mischströmung herstellen (statt Kolbenströmung den Begriff „Verdrängungsströmung“ zu verwenden, ist zwar nicht falsch, aber wegen der Verwechslungsgefahr mit dem fast gleich lautenden Lastabfuhrprinzip zu vermeiden).

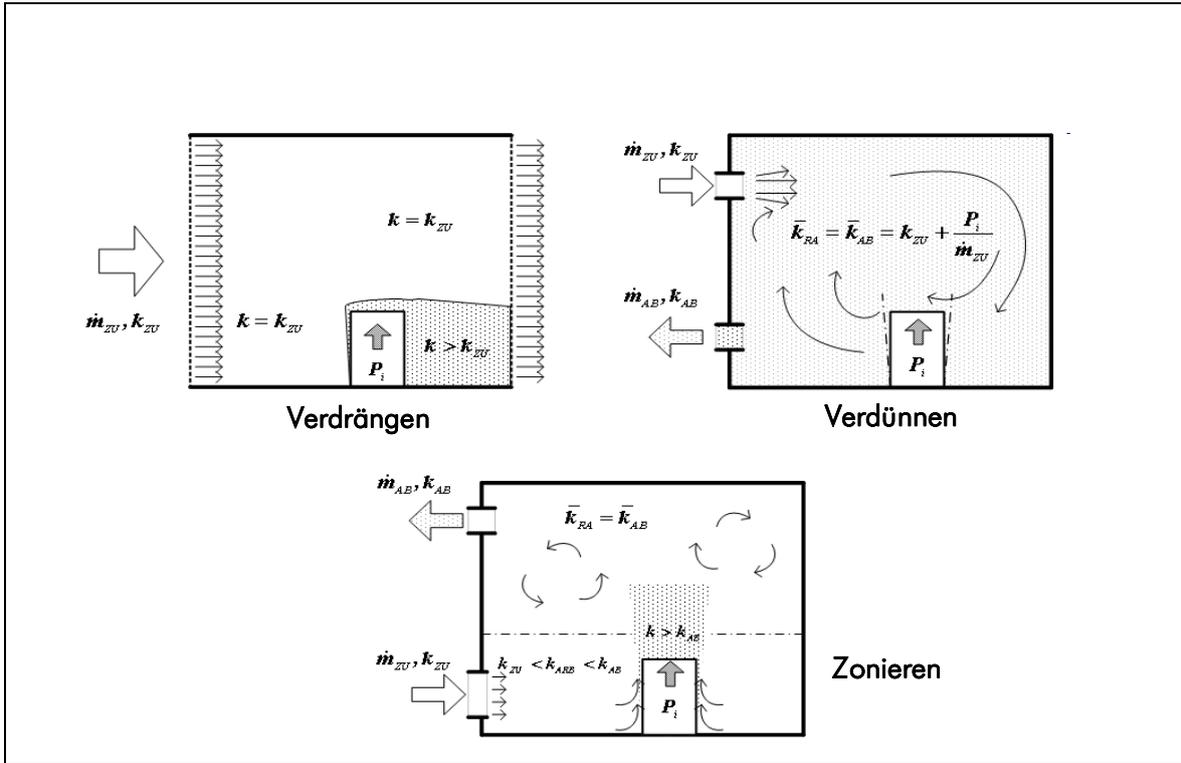


Bild 1: Die Lastabfuhrprinzipien **Verdrängen**, **Verdünnen** und **Zonieren**

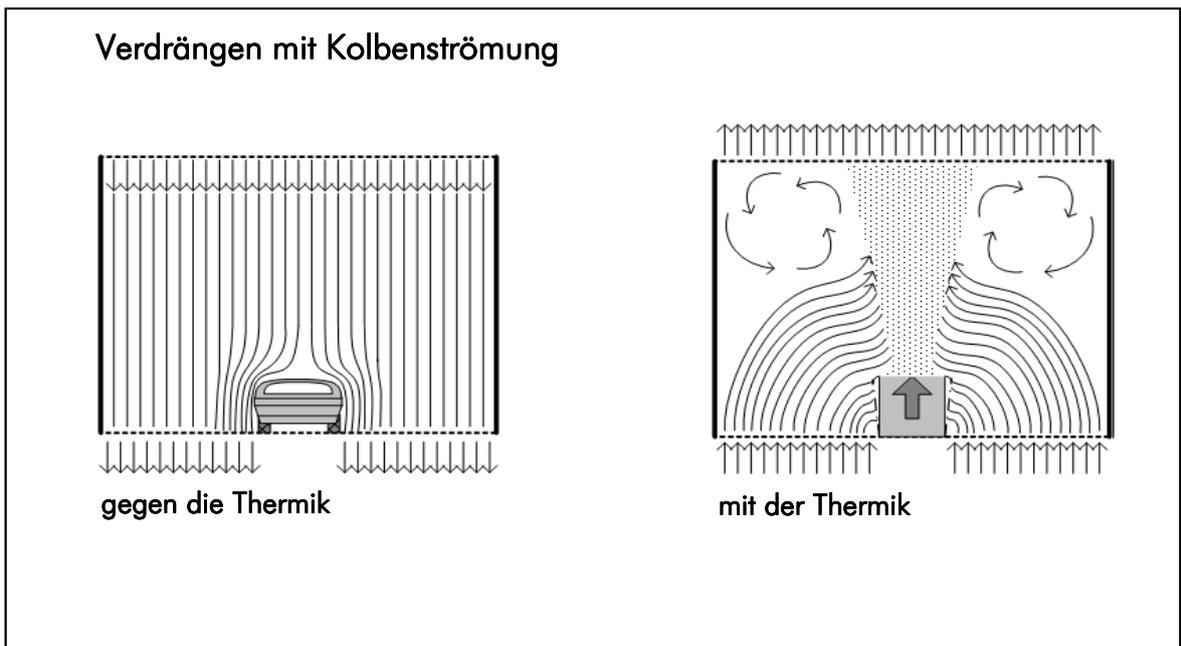


Bild 2: Das Lastabfuhrprinzip **Verdrängen** mit zwei Beispielen der Grundströmungsform „Kolbenströmung“

Dagegen können beim Zonieren alle 3 Grundströmungsformen angewandt werden (Bild 4 und 5), allerdings mit deutlich unterschiedlichen Ergebnissen. Insbesondere bei der Schichtströmung (unter Praktikern als „Quelllüftung“ bekannt) sind Art und Anordnung der Zuluftdurchlässe maßgebend. Bei dem Beispiel in Bild 4 oben rechts mit dem Durchlass außerhalb der Zuluftzone bewirkt die mit der Fallluft beschleunigte Querströmung am Boden, dass die Ausspülung aus den Grenzschichten der Wärme- und Stoffquellen verstärkt wird. Günstiger in dieser Hinsicht ist es, die Durchlässe in der Zuluftzone wie in Bild 1 unten oder in Bild 5 anzuordnen (in der flächigen Ausführung oder als so genannter impulsstabilisierter Radialdurchlass).

Die Arbeit ist im Wesentlichen dem 3. Lastabfuhrprinzip, dem Zonieren, gewidmet. Diskutiert werden dabei die „bereichsweise Mischströmung“ und die Schichtströmung mit Durchlässen oberhalb und innerhalb der Zuluftzone. Die Ergebnisse lassen sich auf die beiden ersten Lastabfuhrprinzipien, Verdrängen und Verdünnen, anwenden.

II. Die 6 Strömungszonentypen:

1. Zuluftzone (Zuluftschicht, SCH) \geq Anforderungszone (in Bild 6 Nr.1)
2. ungenützte Raumzone (MK für Mischzone der Konvektionsströmungen, in Bild 6 Nr.2)
3. Thermik an Umfassungswänden (KW) mit den Varianten aufwärts oder abwärts (in Bild 6 Nr.3 u. 4)
4. Thermik über Produktionseinrichtungen (KP) (in Bild 6 Nr.5)
5. Zuluftstrahlen (ZS) (in Bild 6 Nr.6)
6. Senkenströmung an Erfassungseinrichtungen (ER) in 4 Kategorien (in Bild 6 Nr.7 bis 10)

III. Die 4 Lastquellenkategorien:

1. Emission- und Erfassungsbereich innerhalb der Thermikzone, Emission mit geringem Impuls (in Bild 6 Nr.7)
2. Emission- und Erfassungsbereich innerhalb der Thermikzone, Emission mit hohem Impuls (in Bild 6 Nr.8)

3. Emission und Erfassungsbereiche ohne Thermik in der Zuluftzone (in Bild 6 Nr.9)

4. Alles in der ungenutzten Raumzone. (in Bild 6 Nr.10)

Die Transportvorgänge zwischen den einzelnen Zonen werden rechnerisch und experimentell analysiert (10 verschiedenartige Zonen gemäß Bild 6, 13 physikalisch mögliche Luftströmungen und zusätzlich 5 Direktstoffübertragungen).

Zunächst werden die unterschiedlichen Vorgänge in den Strömungszonen beschrieben, die Berechnungsgrundlagen für sie gesammelt, mit eigenen experimentellen Erfahrungen überprüft und die bestgeeigneten übernommen. Im Einzelnen sind dies die isothermen und anisothermen Zuluftstrahlen bei der Misch- und der Schichtströmung, die laminare und turbulente Strömung an Wänden, die Thermik- und Erfassungsluftströmung an Produktionseinrichtungen und ihre durch den Ausspülgrad beschriebene Störung.

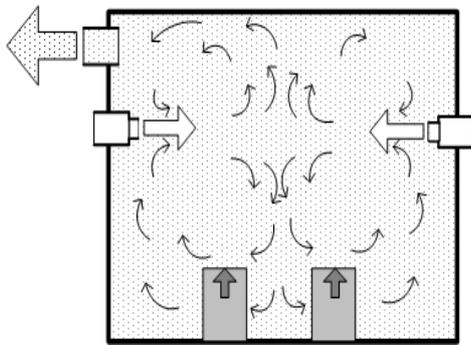
Als nächstes wird der allgemeine Aufbau von Zonenmodellen für den Luft- und Stofftransport sowie die Wärmeübertragung entwickelt und auf die 10 verschiedenartigen Strömungszonen angewandt (siehe Bild 6). Allgemein betrachtet, kann die Zuluftzone SCH wie erwähnt größer oder gleich, sollte aber nicht kleiner als die Anforderungszone sein. Beim dritten Zonentyp, der Thermik an Umfassungsflächen KW, gibt es die Varianten Aufwärts- und Abwärtsströmung, ferner sind bei den Emissions- und Erfassungszonen ER die Kategorien I bis IV zu unterscheiden (die Strömungszonen sind in Bild 6 von 1 bis 10 durchnummeriert).

Unter der Annahme, dass die Strömungszonen je für sich in ihren Grenzen stabil sind, lassen sie sich durch mittlere Zustandsdaten kennzeichnen. Der Luft- und Stoffaustausch zwischen den Zonen kann dann durch Verbindungslinien wie in Bild 7 dargestellt werden. Die ausgezogenen Linien gelten für den kombinierten Luft- und Stofftransport, die gestrichelten (es sind 5) für die direkte Stoffübertragung.

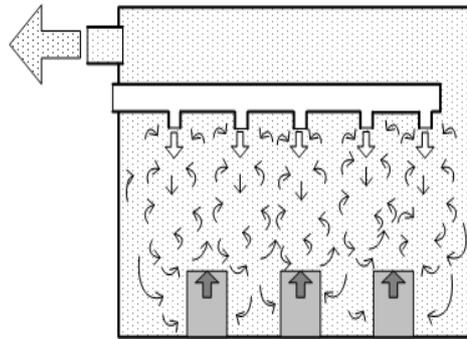
In seinen Versuchen hat W. Dittes nachgewiesen, dass die gefundenen Zonen mit ihren mittleren Zustandsdaten und ihrem jeweiligen Strömungsbild genügend stabil sind. Damit bilden sie den Gesamttraum mosaikartig in der erforderlichen Genauigkeit ab. Über dieses Ergebnis hinaus liefert die Einzelbetrachtung der verschiedenen Zonen mit den Luftstrombilanzen zwischen ihnen Hinweise auf Optimierungsmöglichkeiten für die Luftführung. Diese Hinweise sind vollständig aufgelistet und ausführlich kommentiert. Danach ist es nicht nur möglich, das jeweils geeignete Lastabfuhrprinzip mit der zweckmäßigsten Grundströmungsform auszuwählen, sondern auch bei Kenntnis der Lastquellenkategorie sowie der Lasten den zugehörigen erforderlichen Zuluftstrom zu bestimmen. Um den Gütegrad der Eignung zu erkennen, wird eine Aufwandzahl eingeführt, bei der der erforderliche Zuluftstrom auf den bei reiner (raumfüllender) Mischlüftung bezogen wird.

Mit der vorgestellten Zonierungsmethode können das Strömungsgeschehen in einem Raum, insbesondere in einer Fabrikhalle, übersichtlich dargestellt, damit auch verstanden und die mittleren Zustandsgrößen (vor allem Stoffkonzentrationen) in den einzelnen Zonen berechnet werden. Die Zonierungsmethode ist darüber hinaus als ein Planungswerkzeug zu nutzen, mit dem sich das jeweils günstigste Lüftungskonzept z.B. mit einer Wertanalyse schlüssig ableiten und begründen lässt.

Verdünnen mit Mischströmung



durch seitliche Zuluftstrahlen

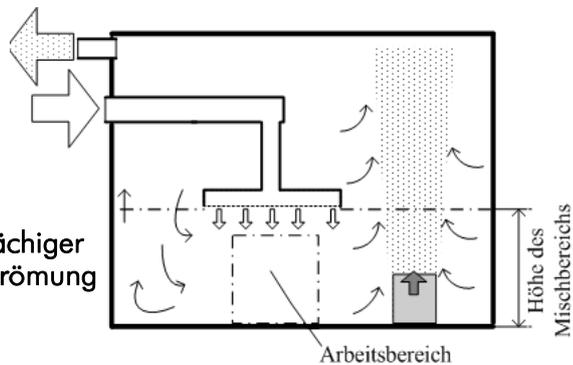


durch viele Zuluftstrahlen von der Decke

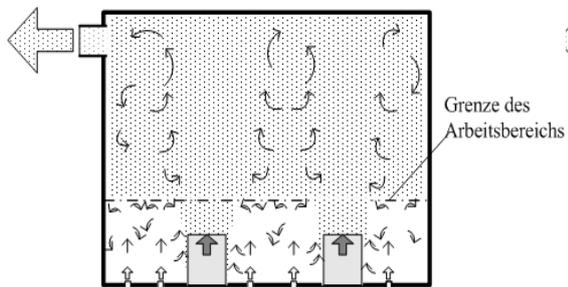
Bild 3: Das Lastabfuhrprinzip **Verdünnen** mit zwei Beispielen der Grundströmungsform „Mischströmung“

Zonieren

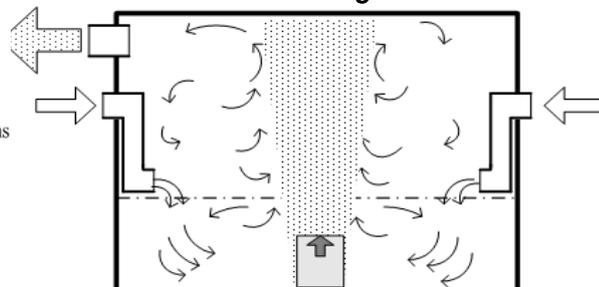
mit teilflächiger Kolbenströmung



mit bereichsweiser Mischströmung



mit Schichtströmung



Durchlass oberhalb der Zuluftzone

Bild 4: Das Lastabfuhrprinzip **Zonieren** mit drei Beispielen der Grundströmungsformen „Kolbenströmung“, „Mischströmung“ und „Schichtströmung“ (Variante: Luftdurchlass oberhalb der Anforderungszone)

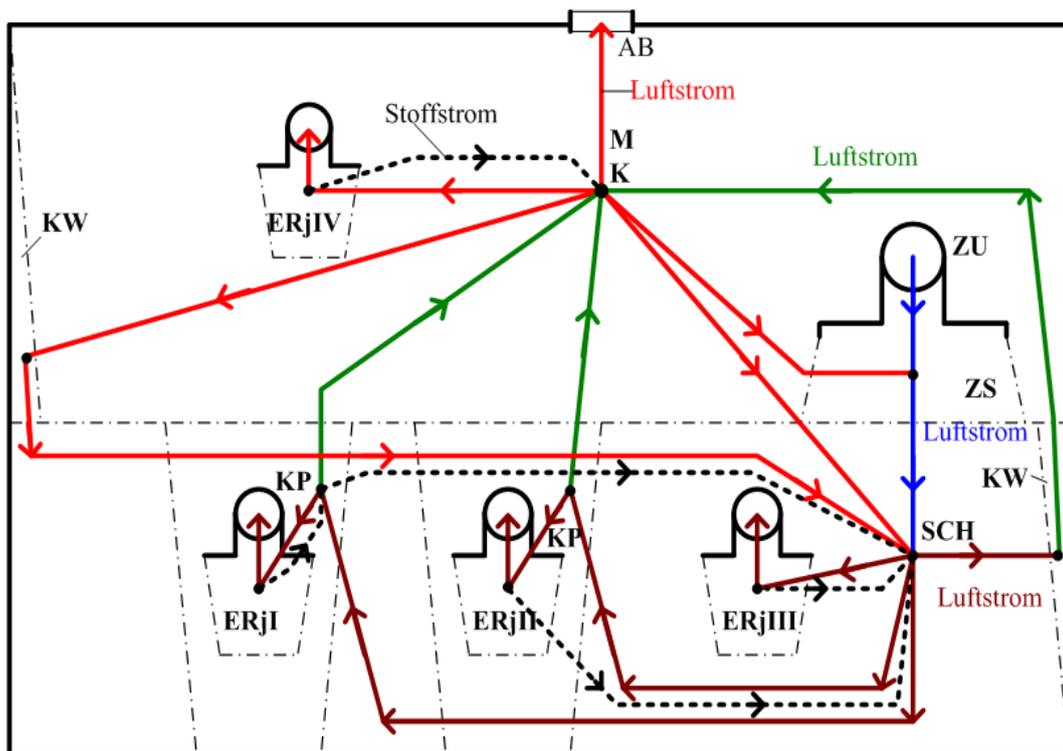


Bild 7: Luft- und Stoffstromaustausch zwischen den Raumzonen

Literatur

- /1/ Dittes, W.: Methoden zur Darstellung der Luftströmung in Fabrikhallen und Regeln für eine optimale Lüftung. Universität Stuttgart, LHR-Mitteilung Nr. 15, 2004. ISBN 3-9808572-4-7
- /2/ Tähti, E.; Goodfellow, H. (Hrsg.): Industrial Ventilation Design Guide Book. Academic Press, 2001. ISBN 0-12-289676-9
- /3/ Walz, A.: Optimierung von Einrichtungen zur Stoffereifassung Stofffreisetzung durch Thermik. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 2000 (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 836, ISBN 3-89701-315-0)
- /4/ Bach, H.: Das Bewertungsproblem in der Heiz- und Raumlufttechnik. HLKBRIEF 11, Hrsg. V.d. Förderer d. Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V., Jan. 2001
- /5/ Biegert, B. u. W. Dittes: Katalog technischer Maßnahmen zur Luftreinhaltung Konzeption, Auswahl und Auslegung von Einrichtungen. Bremerhaven: Wirtschaftsverl. NW 2001 (Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Forschung, Fb 834, ISBN 3-89701-313-4)
- /7/ Walz, A.: Auslegung lufttechnischer Einrichtungen zur Stoffereifassung. Diss. Universität Stuttgart 2003. ISBN 3-9808572-2-0

* In den Blättern des HLKBRIEFes wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V. (Herausgeber) berichtet. Pfaffenwaldring 6A, 70569 Stuttgart. E-Mail: info@vdf.info.

Abscheidung von Kühlschmierstoff-Emissionen an Werkzeugmaschinen*

Wolfgang Pfeiffer¹⁾, Bing Gu²⁾, Jörg Schmid³⁾

Bei der mechanischen Bearbeitung – vor allem in Werkzeugmaschinen - von Metallen und Gläsern werden bis auf wenige Ausnahmen Kühlschmierstoffe eingesetzt. Nach Schätzungen sind in Deutschland 4,5 Millionen Arbeitnehmer in 200.000 überwiegend kleineren und mittleren Unternehmen Kühlschmierstoffen ausgesetzt. - Kühlschmierstoffe (KSS) enthalten unterschiedlichste Bestandteile, deren Zusammensetzung sich während des Gebrauchs verändert. Dabei können weitere Stoffe entstehen oder von außen eingetragen werden. Dabei entstehen Emissionen, die zu Atemwegserkrankungen führen können. Unter gewissen Bedingungen können krebs-erzeugende und toxische Gefahrstoffe freigesetzt werden. Für den Umgang mit Kühlschmierstoffen besteht ein technisch begründeter Grenzwert für die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) von derzeit 10 mg/m^3 . Er ist als Summenwert aus Aerosol- und Dampfkonzentration definiert. Für bestimmte Inhaltsstoffe bestehen toxikologisch begründete Grenzwerte sowie für krebs-erzeugende Gefahrstoffe Technische Richtkonzentrationen (TRK). Mit diesem Problemkreis befasst sich nun ein vom Hauptverband der Berufsgenossenschaften (HVBG) geförder-tes Verbund-Forschungsprojekt.

Durch Emissionen aus Werkzeug-
maschinen, Nebeneinrichtungen;
wie z.B. Kühlschmierstoff-Ver-
sorgungssysteme, Spänebehälter
und aus Abdampfungen von
Werkstücken usw. wird die Raum-
luft mit Kühlschmierstoff-
Emissionen belastet (Bild 1).

Emissionen durch z.B. Abdamp-
fungen an Werkstücken oder aus
Pfüten sind vermeidbar. Unver-
meidbare Emissionen aus Werk-
zeugmaschinen, Späne-Entsor-
gungen usw. müssen durch Ein-
hausungen mit Absaugeinrich-
tungen begrenzt werden. Die Absaug-
luft wird in der Regel nach der
Reinigung in den Arbeitsraum zu-

rückgeführt (Bild 2). Je nach Ab-
scheidegrad und Anzahl der Ab-
scheider wird hierdurch ein Teil der
abgesaugten Emissionen in den
Arbeitsraum eingebracht.

Je nach Höhe der Gesamtemission
aus Einhausungen und Abschei-
dern kann die MAK überschritten
werden.

Dies führt zu der Forderung, dass
sowohl Maßnahmen an Werk-
zeugmaschinen und Nebeneinrich-
tungen als auch bei der Absaug-
und Abscheidetechnik unter Be-
achtung folgender Punkte zu tref-
fen sind:

1. Die Einhausungen an Werk-
zeugmaschinen haben die Aufga-

be, dass keine Kühlschmierstoffe in
die Umgebung verspritzt werden,
Lärm gemindert wird und abge-
schleuderte Bruchstücke oder Spä-
ne nicht zu Verletzungen führen
können. Aufgrund von Thermik,
Rotationsbewegungen von Werk-
zeugen und/oder Werkstücken
sowie durch das Einströmen von
Kuschmierstoffen entstehen in-
nerhalb der Einhausungen kom-
plexe Strömungs- und Druckver-
hältnisse. Um zu verhindern, dass
an Undichtigkeiten in Überdruck-
bereichen Kühlschmierstoffe wäh-
rend des Arbeitsprozesses austre-
ten und in den Arbeitsbereich des
Bedienpersonals gelangen könn-
en, sind Absaugsysteme einzuset-
zen, die innerhalb der Einhausung
einen ständigen Unterdruck erzeu-
gen. Die abgesaugte Luft wird in
Abscheidern gereinigt, die in der
Regel der jeweiligen Werkzeugma-
schinenzugeordnet sind.

Einhausungen heutiger Werk-
zeugmaschinen sind in den meis-
ten Fällen nicht so gestaltet, dass
eine vollständige Erfassung der
Kuschmierstoff-Emissionen mög-
lich ist.

2. Je nach Höhe der Emissionen
innerhalb der Einhausungen wer-
den unterschiedlich hohe Anteile

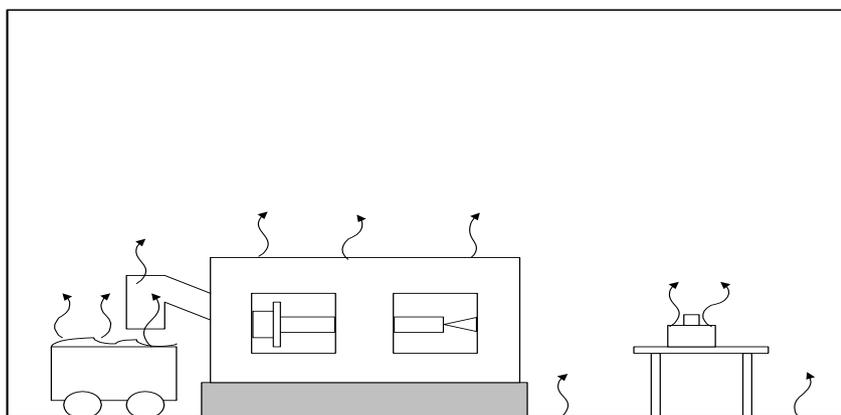


Bild 1: Mögliche Emissionsquellen für Kühlschmierstoffe

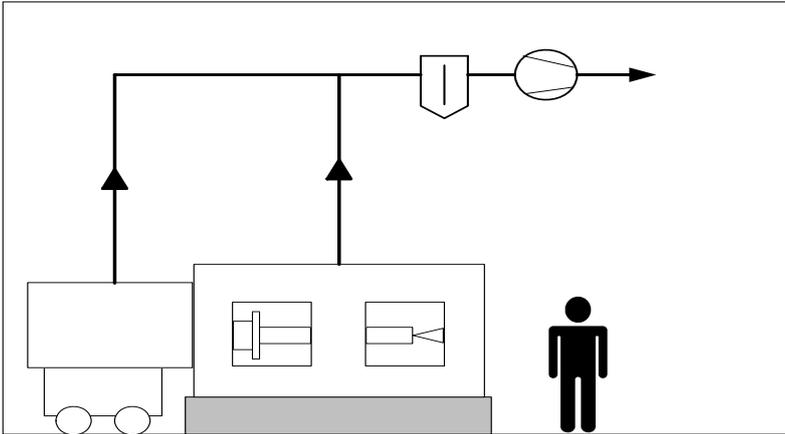


Bild 2: Abscheidung mit „Reinluft“-Rückführung

davon mit Absaugeinrichtungen erfasst. Mit dem Abluftstrom steigt auch der Anteil an Kühlschmierstoffen in der Absaugluft. Gerade die Höhe dieses Stoffstroms hat aber einen großen Einfluss auf die Abscheideleistung. Im Einklang mit den maschinen- und prozesstechnischen Vorgaben der Maschinenhersteller (maximal zulässige Temperatur innerhalb der Einhausung, Ex-Schutz usw.) muss der Abluftstrom auf ein Minimum beschränkt werden.

Felduntersuchungen haben gezeigt, dass bis auf wenige Ausnahmen die Absaugluft in den verschiedensten Abscheide-Systemen nicht ausreichend gereinigt wird und damit zu hohe Stoffströme in den Arbeitsraum gelangen. Einerseits hängt dies damit zusammen, dass in den meisten Fällen der Absaugvolumenstrom nicht im o. g. Sinne optimiert und andererseits die Abscheideleistung zu gering ist. Hinzu kommt, dass die Abluftöffnungen zu nah an der Bearbeitungsstelle angeordnet sind und sich dadurch eine KSS-Überfrachtung der Absaugluft ergibt.

Um Grenzwerte einzuhalten bzw. Expositionen auf das technisch machbare Maß zu senken, sind sowohl Verbesserungen an den Werkzeugmaschinen, als auch an den Absaug- und Abscheidesysteme

erforderlich. Hierfür ist ein Anforderungsprofil zu erarbeiten, das Konstruktionshinweise enthält und den Stand der Technik beschreibt. Letzteres soll insbesondere dem Betreiber die Möglichkeiten geben, zu erkennen, welche Werkzeugmaschinen und welche Abscheider die Sicherheitsanforderungen erfüllen. Hierdurch werden Fehler bei der Beschaffung und teure Nachbesserungen nach Inbetriebnahme vermieden.

Dieses Verbundprojekt verfolgt das Ziel, Eckdaten für Verbesserungsmaßnahmen und Grundlagen für ein Zertifizierungsverfahren nach der EU-Maschinenrichtlinie von Werkzeugmaschinen und Abscheidern zu erarbeiten. Dieses Zertifizierungsverfahren soll im Rahmen eines Forschungsprojektes mit finanzieller Unterstützung nach dem 6. Rahmenprogramm der EU-Kommission erarbeitet werden (Beteiligung: BIA, BGen, VDMA und verschiedene Partner aus Österreich, Schweiz, Finnland und Spanien).

Das Gesamtkonzept beinhaltet folgende Teilschritte:

- Ermittlung des derzeitigen Standes der Technik von Abscheidern
- Maßnahmen zur Minderung der Emissionen an Werkzeugmaschinen und Nebeneinrichtungen (Gehäuseabdichtung usw.). Ver-

besserung der Absaugung und Abscheidung der Emissionen

- Vergleichsuntersuchungen (neuer Stand der Technik)
- Erstellung eines Anforderungsprofils für die Werkzeugmaschinen und Abscheidesysteme.

Die Untersuchungen sollen zur Vorbereitung eines europäischen Verbundprojektes zur Zertifizierung von Maschinen und Abscheidern durchgeführt werden. Verbundpartner in diesem Projekt soll in erster Linie die „Allgemeine Unfallversicherungsanstalt AUVA“ in Wien sein, die ihrerseits verschiedene österreichische Institutionen in die Projektarbeit einbinden wird.

Verbundpartner von deutscher Seite sind:

- Maschinenhersteller
- Hersteller von Abscheidesystemen
- Hersteller von Kühlschmierstoffen
- Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen (WZL)
- Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik, Universität Stuttgart
- VDMA als Koordinator für die Maschinenhersteller und Hersteller für Abscheidesysteme
- Metall-Berufsgenossenschaften und die BG für Feinmechanik und Elektrotechnik
- Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BIA)

1) Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BIA)

2) Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik (LHR), Universität Stuttgart

3) HLK Stuttgart GmbH

* In den Blättern des HLKBRIEFes wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V (Herausgeber) berichtet. Pfaffenwaldring 6A, 70569 Stuttgart. E-Mail: info@vdf.info.

Neues Lüftungskonzept für eine Industriehalle: Schichtlüftung in Friedrichshafen*

Rudolf Lupberger¹⁾ und Christoph Beck²⁾

Die betrachtete Montagehalle (165 m x 90 m x 8,6 m) eines Getriebeherstellers in Friedrichshafen wird durch Zu- und Abluftanlagen maschinell be- und entlüftet. Zusätzlich sind noch Rauch- und Wärmeabzugsanlagen vorhanden, die in der warmen (und kalten) Jahreszeit, sofern die Witterung es erlaubt, geöffnet sind.

Folgende Probleme in der Montagehalle werden genannt:

1. Die Mitarbeiter klagen in der warmen Jahreszeit über hohe Raumtemperaturen. Im Sommer 2003 wurden bei einer Außentemperatur von 36 °C Raumtemperaturen über 30 °C erreicht.
2. Die Luftqualität in der Montagehalle wird (zumindest in Teilbereichen) bemängelt.

Um die raumklimatischen Verhältnisse zu verbessern, werden alternative Konzepte für die Klimatisierung der Montagehalle durch Überprüfung der bestehenden Planung und Ausführung der Anlage sowie für die Durchströmung der Halle mit Luft entwickelt. Die Montagehalle hat insgesamt 7 Zu- und 5 Abluftanlagen mit einem Gesamtluftvolumenstrom von 625.000 m³/h. Die Anlagen wurden im Jahre 1979 geplant. Die Luftzufuhr erfolgt über ca. 50 Dralldurchlässe Typ VD 775 (Fabr. Fa. Trox GmbH, Lamellen sind verstellbar), welche im Deckenbereich der Halle angeordnet sind. Der Abstand zwischen zwei Dralldurchlässen beträgt ca. 15 m. Die Abluft wird über Abluftkanäle direkt unterhalb der Decke geführt.

Die Zuluftanlagen enthalten Luftvor- und -nacherwärmer sowie Ventilatoren. Ein Luftkühler ist nicht vorhanden. Die Zuluftanlagen arbeiten in der Regel mit 100 % Außenluft für den Winter- und Sommerbetrieb. Die innere Kühllast der Halle setzt sich zusammen aus der Wärmeabgabe von Menschen, Maschinen und der Beleuchtung. Die Beleuchtung (Bild 1) besteht zurzeit noch zu ca. 30 % aus älteren Leuchtstofflampen mit 2 x 65 W und vorgeschalteter Drossel. Die übrigen Leuchten (ca. 70 %) sind mit 2 x 58 W und elektrischem Vorschaltgerät ausgerüstet. Nach diesen Vorgaben kann die Leistung der Beleuchtung auf ca. 210 kW geschätzt werden. Außer Maschinen mit Motoren gibt es in der Montagehalle noch beheizte Geräte mit hohen Oberflächentemperaturen, z.B. Arbeitsplätze zum Aufschumpfen der Getriebeteile auf die Achsen. Die von den Geräten abgegebene Wärme sowie die freigesetzten

Stoffe werden durch dezentrale Erfassungsanlagen abgeführt und in der Halle unter der Decke wieder freigesetzt. Die Gesamtlast der Halle kann aufgrund der sehr speziellen Anlagen lediglich abgeschätzt werden. Es ist mit ca. 500 kW Kühllast zu rechnen. Die Überprüfung der Durchströmung der Halle mit Zuluft ergibt, dass diese nur in sehr geringem Umfang in den Aufenthaltsbereich strömt. Bild 2 zeigt die Visualisierung der Strömung durch Nebel.

Ursache hierfür ist, das nahezu horizontale Ausströmen der Zuluft aus den Luftdurchlässen in Kombination mit einer nur sehr geringen Untertemperatur der Zuluft gegenüber der umgebenden Hallenluft. Da die Abluftöffnungen ebenfalls oberhalb der Zwischenebene angeordnet sind, entsteht ein Kurzschluss zwischen der Zu- und Abluft. Der rechnerische Luftwechsel in der Halle beträgt ca. 5 h⁻¹. Unter der Annahme idealer Durchmischung erfordert die spezifische

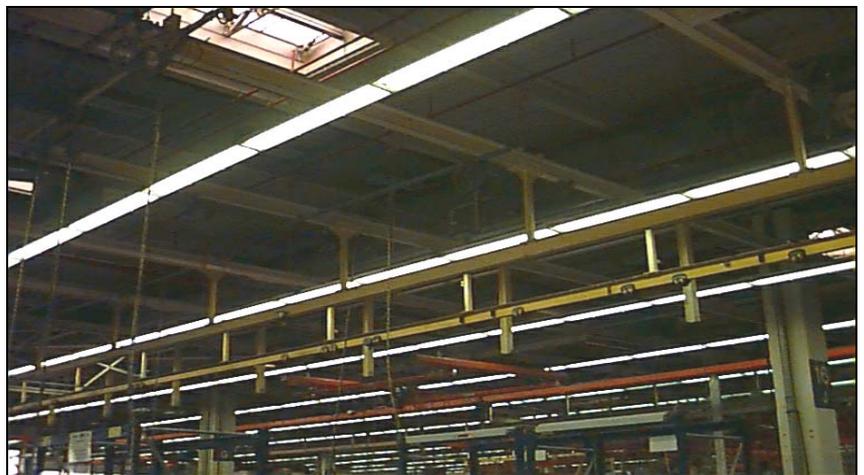


Bild 1: Beleuchtung in der Montagehalle

Kühllast von 80 W/m² (ursprüngliche Planungsgrundlage) eine Untertemperatur von ca. 5,7 K. Dies bedeutet stark vereinfacht, dass ab einer Außentemperatur > 20 °C die Hallentemperatur über 26 °C ansteigen wird. Dieser Ansatz vernachlässigt dabei noch die Erwärmung durch die Förderung sowie die Erwärmung in der Dachzentrale bzw. in der Verteilung. Dass dieser rechnerische Ansatz in der Praxis so nicht festzustellen ist (Erwärmung setzt später ein), liegt an der freien Strömung in der Halle selbst. Es bildet sich eine Art „natürliche“ Schichtlüftung aus, welche die thermischen Lasten in den Deckenbereich transportiert und aus der die Nachströmung durch Öffnungen im unteren Hallenbereich (Fördereinrichtungen) gespeist wird. Diese Luftströmung sollte durch die mechanische Luftführung unterstützt werden. Verschiedene alternative Lüftführungs- und Klimatisierungskonzepte werden vorgeschlagen und diskutiert. (Tabelle 1). Es werden die Verwendung der bisherigen Anla-



Bild 2: Arbeitsbereich unterhalb der Zwischenebene, Zuluftströmung erreicht nur in geringem Umfang den Anforderungsbereich

gen mit teilweise reduziertem Luftstrom, veränderte Lage der Luftdurchlässe, Schichtlüftung und Kühlung durch Kühlsegel gegenübergestellt und hinsichtlich der Nutzen und Kosten verglichen. Letztendlich zeigt der Vergleich, dass die konsequente Umsetzung der Schichtlüftung mit deutlich reduziertem Luftstrom (-80 %) die effektivste Maßnahme darstellt. Lediglich im Bereich der Flexibilität ergeben sich Nachteile gegenüber

den anderen Lösungen. Dies wurde zwischenzeitlich umgesetzt und die Erfahrungen aus den ersten Betriebsmonaten sind äußerst positiv. Sowohl die Luftqualität wie auch die thermischen Verhältnisse konnten verbessert werden. Die Zufriedenheit der Nutzer ist groß. Eine genaue Gegenüberstellung der Kosten (Investitionen und Betrieb) steht noch aus.

¹⁾ ZF Friedrichshafen AG, Friedrichshafen

²⁾ HLK Stuttgart GmbH, Stuttgart

Alternative	Luftmenge in cbm/h	Thermische Situation	Luftqualität	Flexi.	Zuger.	Grundkosten für Sanierung, Regelung, Stilllegung Geräte	weitere Kosten	Gesamtkosten	jährliche Einsparungen an Förderenergie	zusätzliche Kosten durch Kühlung (Annahme: 500 h/a)	Verhältnis: Gesamtkosten / Einsparung
1a Verwendung bisheriger Lüftungsanlage, keine Kühlung	312.500	keine Verbesserung	geringe Verbesserung	+++	---	340000 €	0 €	340000 €	47000 €	0 €	keine Kühlung
1b Verwendung bisheriger Lüftungsanlage, Kühlung durch Kühldecke	312.500	deutlich Verbesserung	geringe Verbesserung	+	---	340000 €	457000 €	797000 €	47000 €	10000 €	17,0 Jahre
2a Teil der vorhandenen Luftauslässe wird in der Zwischenebene montiert, ohne Kühlung	200.000	keine Verbesserung	deutliche Verbesserung	+++	-	272000 €	150000 €	422000 €	76000 €	0 €	keine Kühlung
2b-1 Teil der vorhandenen Luftauslässe wird in der Zwischenebene montiert, mit Kühlung durch Zuluft	200.000	deutlich Verbesserung	deutliche Verbesserung	+++	--	272000 €	329000 €	601000 €	76000 €	10000 €	7,9 Jahre
2b-2 Teil der vorhandenen Luftauslässe wird in der Zwischenebene montiert, mit Kühlung durch Kühldecke	200.000	erheblich Verbesserung	deutliche Verbesserung	+	+	272000 €	606000 €	878000 €	76000 €	10000 €	11,6 Jahre
3 Verwendung bisheriger Lüftungsanlage, Verlegung Luftauslässe nach unten auf Boden, Einbau Kühlung	125.000	erheblich Verbesserung	erheblich Verbesserung	-	+++	140000 €	605000 €	745000 €	122000 €	5000 €	6,1 Jahre

Tabelle 1: Kostenübersicht der alternativ vorgeschlagenen Lösungen

* In den Blättern des HLKBRIEFes wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V. (Herausgeber) berichtet. Pfaffenwaldring 6A, 70569 Stuttgart. E-Mail: info@vdf.info.

Rietschel Band 3: Raumheiztechnik*

Heinz Bach

Dass seit der Veröffentlichung der 15. Auflage des Rietschel vor 35 Jahren sich die Randbedingungen für das Heizen und die Technik auf diesem Gebiet stark verändert haben, ist offenkundig und Grund genug für eine vollständige Neufassung. Offenkundig sind auch neue Anforderungen hinzugekommen wie z.B. Energie sparen und Umwelt schützen, aber weit weniger bewusst ist den Heizungsfachleuten die Verfeinerung der Nutzeransprüche im Hinblick auf Behaglichkeit und Wohnkomfort. Diese Tatsache muss uns an eine naturgesetzliche Urerfahrung erinnern:

Je leiser die Umgebung, umso störender wirken auch sonst unauffällige Geräusche – oder auf die Heiztechnik übertragen: Je näher die thermische Umgebung

bei der Solltemperatur liegt, umso störender wirken auch kleine Behaglichkeitsdefizite. Zugespitzt lautet die Erkenntnis hieraus: Erhöhte Wärmedämmung kann keinesfalls die Heiztechnik ersetzen, sie erfordert ganz im Gegenteil hoch entwickelte Anlagenkonzepte, die auf die jeweiligen Nutzeransprüche genau abgestimmt und in ihren speziellen Vorzügen nachweisbar begründet sind.

Offenbar können wir mit dem uns gewohnten alten Ansatz, eine für genormte Ansprüche mit quasi oder tatsächlich genormten Regeln dimensionierte Anlage anzubieten, den Erfordernissen nicht mehr gerecht werden. Unsere alte Arbeitshypothese, dass Nutzeranforderungen nicht nur stabil sind, sondern sogar zu sein haben, ist unzureichend. Die neue muss lau-

ten: Bei den Nutzeranforderungen muss die Unterschiedlichkeit gegenüber dem Üblichen jeweils festgestellt und ernst genommen werden (im Zweifelsfall ist die Unterschiedlichkeit eher anzuregen, als auf Durchschnittsbedarf „hinzudrücken“).

Nach diesen in Teil A des Buches angestellten Überlegungen habe ich mir daher vorgenommen, „... neben dem Sachwissen zusätzlich die Methode zu vermitteln wie eine Raumheizung für einen vorliegenden Fall zu konzipieren und zu planen ist. Die Methode soll nicht nur angeben, in welcher Reihenfolge zweckmäßigerweise die einzelnen Schritte zur Planung oder Entwicklung einer Anlage zu gehen sind, sie soll auch Auswahl- und Bewertungsverfahren beibehalten, mit denen die Richtung zu

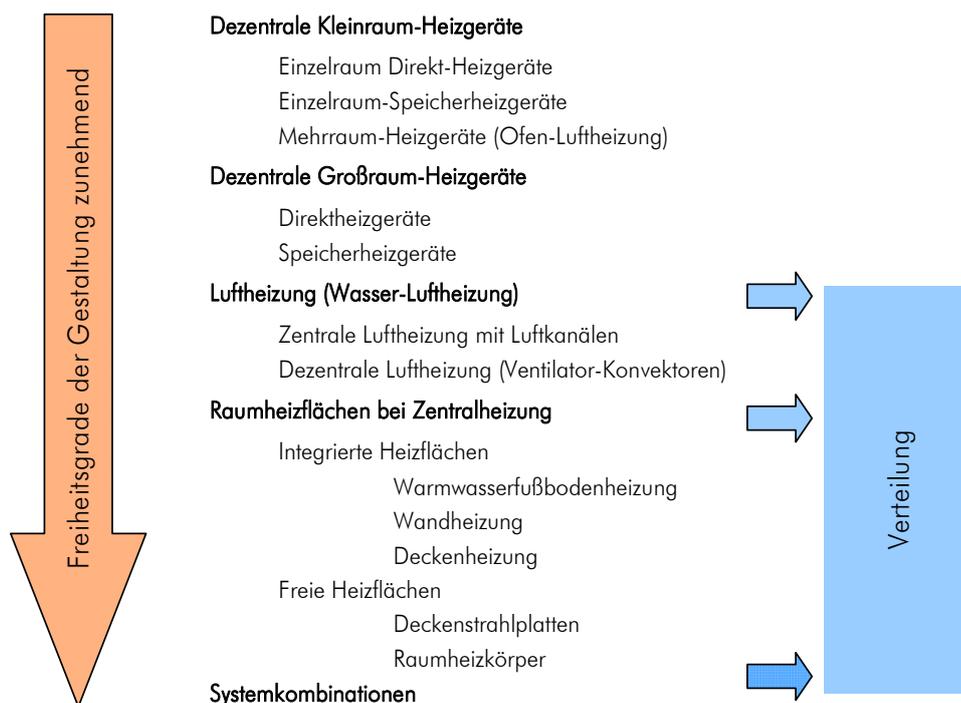


Bild 1: Gliederung der Übergabesysteme

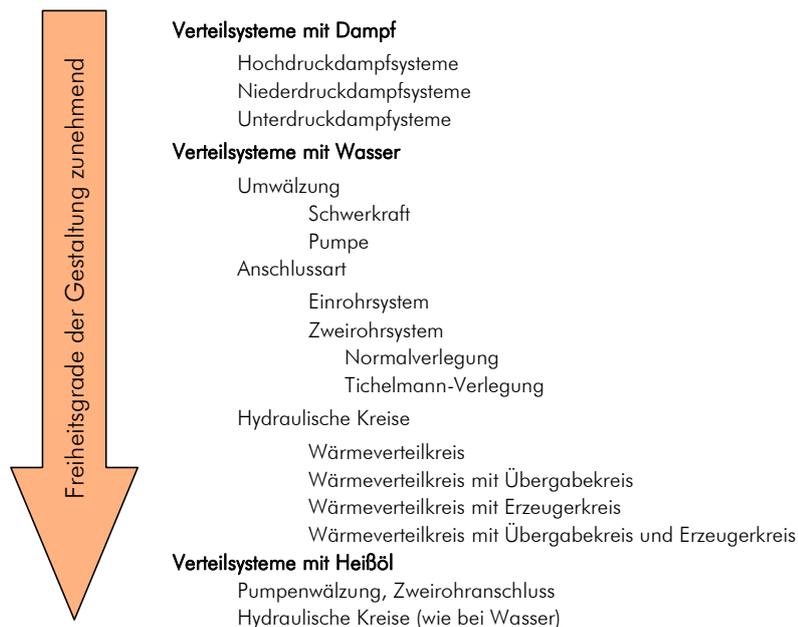


Bild 2: Gliederung der Verteilungssysteme

einem Optimum zu finden und zu begründen ist.“

Zu nachvollziehbaren Entscheidungen zwischen den vielfältigen Möglichkeiten, aus den Anforderungen die zugehörigen Funktionen abzuleiten, wird als Bewertungsschema die Wertanalyse vorgeschlagen. Bei der ernsthaften Hinwendung auf die individuellen Nutzeranforderungen ist für den Vorentwurf und die Planung bei dem Anlagensubsystem zu beginnen, das unmittelbar den Nutzen übergibt: die *Nutzenübergabe*.

Es folgen die darauf abgestimmte *Verteilung* und dann weiter die *Erzeugung*. Dieses jeweilige Abstimmen geht von den Nutzeranforderungen aus und führt stringent zu den jeweiligen Sollfunktionen aller drei Subsysteme. Der Umfang des Anforderungskatalogs, also des Pflichtenhefts, entspricht genau dem der Funktionenliste und diese wiederum bestimmt die notwendige Anzahl der Freiheitsgrade für die Anlagengestaltung. Die Vorgehensweise beim

Planen 1. mit der Entwicklung von der Nutzenübergabe zur Erzeugung und 2. vom einfachen System mit wenig Freiheitsgraden zum maximal anpassbaren mit viel Freiheitsgraden ist kongruent zur Gliederung des gesamten Buches. In den Teilen A, B und C des Buches wird dieses Konzept begründet und mit Beispielen erläutert (Bilder 1, 2 und 3).

Im Hauptteil D des Buches mit den 3 großen Kapiteln „D1 Nutzenübergabe“, „D2 Wärmeverteilung“ und „D3 Wärmeerzeugung“ werden in der vorgestellten Gliederung die verschiedenen Heiztechniken beschrieben, die Berechnungsgrundlagen hierfür angegeben und besonders auf ihre Auslegung eingegangen. Getreu der eingangs aufgestellten neuen Hypothese, die Unterschiedlichkeit der Nutzeranforderungen einzubeziehen und damit Einheitskonzepte zu vermeiden, wird beim Auslegen über die alleinige Beachtung der Normheizlast hinausgegangen. Die Pauschalanforderung, eine

Norm-Behaglichkeit durch das Installieren allein einer normgemäß berechneten Leistung herzustellen, wird gegliedert in die Teilanforderungen, in einem klar definierten Teil des Raumes, der Anforderungszone, einzelne Behaglichkeitsdefizite zu beseitigen. Hieraus werden konkret erlebbare und deshalb über die Anordnung und Größe der Temperatur der Heizflächen unmittelbar nachweisbare Einzelfunktionen wie „Abstrahlung ausgleichen“ oder „Fallluft abfangen“ abgeleitet. Diese Vorgehensweise, wie sie ja für Raumheizkörper mit der VDI 6030 bereits eingeführt ist, wird auch bei anderen Raumheizsystemen, wie z.B. den Deckenstrahlplatten, angewandt.

In Kapitel D2 werden nicht allein die eigentlichen Verteilungssysteme, sondern auch die Bauelemente mit den Armaturen und Pumpen behandelt und neben der Berechnung von Verteilungssystemen auch ihre Bewertung gezeigt.

Kapitel D3 gibt das vollständige Spektrum der Wärmeerzeugung von den Solarkollektoren über Kessel bis zu den BHKW mit allen Berechnungsgrundlagen und Entscheidungskriterien wieder.

Im Teil E „Betriebsverhalten von Heizanlagen“ sind die Grundlagen für rechnerische Betriebssimulationen zusammengestellt und es wird aufgezeigt, welche Eigenschaften Einfluss auf den Energieaufwand haben.

Der nach Teil D zweitgrößte Teil F befasst sich mit der Trinkwassererwärmung. Neben einer Übersicht über die verschiedenen Techniken sind in zwei Kapiteln die neuesten Erkenntnisse zu Bedarf, Auslegung

und Leistungsprüfung sowie zum Energieaufwand zusammengetragen.

Im Teil G „Jahresenergiebedarf“ werden die Unterschiede zwischen der bisher üblichen „Black-Box“-Methode und der neuen Bedarfsentwicklungsmethode nach VDI 2067 herausgearbeitet. Bedarfsentwicklung und Planungsablauf folgen demselben Gedankengang. Der Teil H „Abrechnung der verbrauchsabhängigen Kosten für Heizung- und Trinkwassererwärmung“ stellt ein völlig neues Thema im Rietschel dar. Es werden die Verfahren zur Heizkostenverteilung sowie die Wärme und Warmwasserzähler erläutert.

Darüber hinaus wird gezeigt, wie Verteilverfahren bewertet werden können.

Drei weitere Teile von anderen Autoren runden den Band 3 ab:

Teil J „Regelung, Steuerung und Überwachung“ von Siegfried Baumgarth und Georg-Peter Schernus

Teil K „Wasserbehandlung in Systemen mit erwärmtem Brauch- oder Trinkwasser sowie in Dampferzeugungs- und Wasserheizanlagen“ von Ludwig Höhenberger und

Teil L „Schall- und Schwingungsdämpfung in Heizanlagen von Edelbert Schaffert.

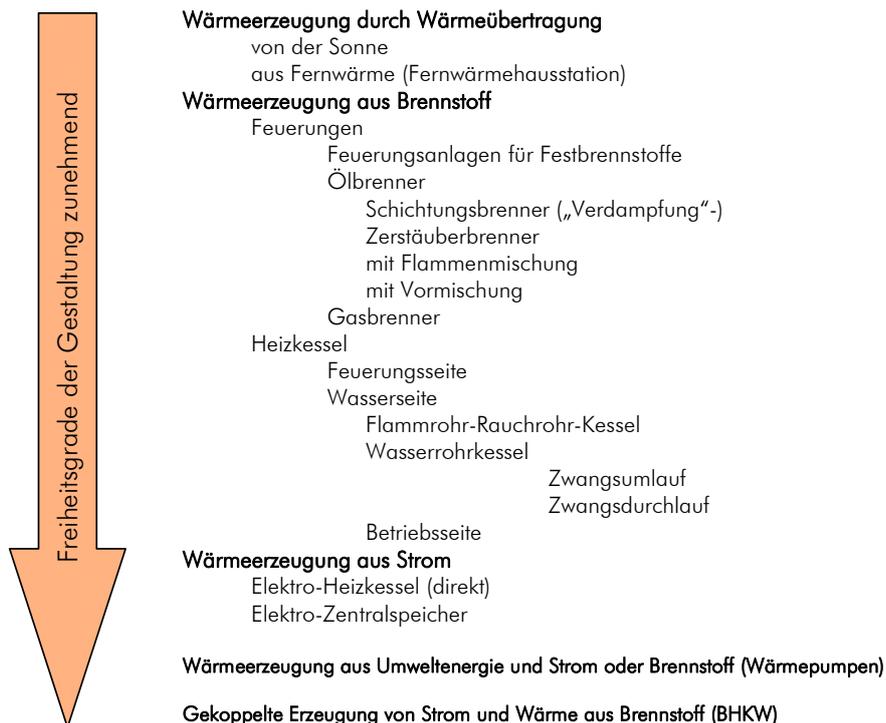


Bild 3: Gliederung der Wärmeerzeugersysteme

* In den Blättern des HLKBRIEFes wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH, der HLK Stuttgart GmbH und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich HLK Stuttgart e.V (Herausgeber) berichtet. Pfaffenwaldring 6A, 70569 Stuttgart. E-Mail: info@vdf.info.