

Sehr geehrte Damen und Herren,

die Ausbildung unserer zukünftigen Ingenieure ist eine unserer zentralen Aufgaben. Wir sehen hierin eine Verpflichtung gegenüber unserer Gesellschaft insgesamt, gegenüber unserer Industrie und Wirtschaft und gegenüber unseren Studenten.

Zunächst können wir einen „Silberstreif“ am Horizont vermelden. Nachdem wir über lange Jahre das Dilemma niedriger bis nicht existenter Studentenzahlen mit allen daraus abzuleitenden Warnungen vermelden mussten, stellen wir in diesem Jahr fest, dass der Maschinenbau fast wieder die Zahl von Neuimmatrikulierten erreicht hat, wie in früheren Jahren. Wir können demnach auch bei uns wieder von steigenden Studentenzahlen ausgehen. Darüber hinaus freuen wir uns, dass schon jetzt bei uns eine deutliche Steigerung der Studentenzahlen gegenüber dem Vorjahr festzustellen ist. Besonders bemerkenswert ist es, dass wir einen deutlichen Anteil weiblicher Studenten haben.

Quo vadis Ingenieurstudium ?

Der vorstehend angedeutete „Trend“ erfreut uns. Gleichzeitig nehmen wir beginnende Entwicklungen in der Ingenieurausbildung mit Sorge wahr :

Es besteht die ernsthafte Absicht, die Diplom-Studiengänge für Ingenieure an den deutschen Hochschulen durch Bachelor- und Master-Studiengänge zu ersetzen.

Dafür erhält man von den beteiligten Wissenschafts- und Kultusbürokraten, von deren vorgesetzten Politikern sowie auch von einschlägigen Verbandsfunktionären folgende Erklärungen :

1. Den deutschen Diplomabschluss versteht im Ausland keiner. Deutsche Ingenieure sind im Ausland benachteiligt. Ausländische Studenten werden vom Studium in Deutschland abgeschreckt.
2. Die Struktur der Diplom-Studiengänge

verhindert den Wechsel zwischen Hochschulen und die gegenseitige Anerkennung von Studienleistungen.

3. Mit einem Bachelor (nach drei Jahren) kämen die meisten Ingenieure sehr viel früher zu einem berufsqualifizierenden Abschluss.

Eine Prüfung dieser Argumente, führt zu folgendem Ergebnis :

1. Ingenieure, die international gearbeitet haben, berichten, dass unsere ausländischen Kollegen, Auftraggeber, Partner etc. die Qualität eines deutschen Diploms kannten und kennen. Wer bisher zwischen Dipl.-Ing. FH, Dipl.-Ing. TH und Dipl.-Ing. BA nicht differenzieren konnte, dem wird dieses sicher zwischen Bachelor Uni, Bachelor FH, Bachelor BA, Master Uni, Master FH und Master BA gelingen! Bei uns an der Universität Stuttgart z.B. sind z.Zt., je nach Zählweise, 16 ... 22 % ausländische Ingenieurstudenten immatrikuliert. Alle diese haben sich für ein deutsches Diplomstudium entschieden. Sie haben diese Entscheidung getroffen, weil

sie Ihre zukünftige Ingenieurkarriere vor Augen haben, nicht weil sie gezielt ihre zukünftige berufliche Karriere aufs Spiel setzen wollen!

2. Der Wechsel der Hochschule ist heute selbst in Deutschland, selbst bei Hochschulen gleichen Typs und selbst bei gleichen Studiengängen nicht ganz einfach. Wir haben eine zu starke und zu frühe Spezialisierung in den Studiengängen zugelassen. Die Gleichheit, zumindest die Ähnlichkeit in Aufbau und Inhalt der Studien ist verloren gegangen. Wer die frühe Spezialisierung wählt, der nimmt sich die Breite und damit die Freiheit einer größeren Auswahl. Er verstößt gegen den Grundsatz der Nachhaltigkeit !

Von den Ingenieurstudenten der Universität Stuttgart studiert ein nennenswerter Teil abschnittsweise im Ausland. Die Anerkennung dort erbrachter Studienleistungen ist in der Regel eine Einzelfallentscheidung. Die bewährte, dabei geübte Praxis hat noch keinen Studenten vom Auslandsstudium abgehalten.

(Fortsetzung Seite 2)

INHALT

- Akkreditierung erweitert
- COURAGE – Anwendung eines prototypischen Systems zur Betriebsüberwachung von RLT-Anlagen
- MELISSA – Methode zur Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes von Einzelheizgeräten
- Industrial Ventilation Design Guide Book erschienen
- Planung und Gestaltung eines solaroptimierten Gebäudes
- Neue Wege der Heizkörperauslegung nach VDI 6030
- WIMA – Wissensbasiertes Energiemanagement
- EMSLE – Energie-Management-System für eine Kommune
- BOLKA – Verfahren zur energetischen Bewertung von Luftverteilsystemen
- INNOREG – Entwicklung eines innovativen Gesamtkonzeptes mit energiesparender Raumklimatechnik
- Schichtlüftung in Messehallen
- Prüfung von Kunststoffrohren

3. Die Berufsqualifikation eines Bachelor-Abschlusses erkennt man in Großbritannien, wo traditionell im Bachelor-Master-System ausgebildet wird. Dort ist ein Bachelor-Abschluss **nicht** berufsqualifizierend. Erst nach einer langen berufs begleitenden Ausbildung, die mit einer ernst zunehmenden Prüfung endet, werden die betreffenden zu Ingenieuren, indem sie von der betreffenden berufsständischen Organisation anerkannt werden.

Prüft man in Deutschland das durchschnittliche Eintrittsalter von Ingenieuren in das Berufsleben, so erkennt man, dass die Länge des Zeitintervalls zwischen Schulabschluss und Berufseintritt nicht durch die Regelstudienzeiten in den Diplomstudiengängen erklärbar ist. D.h. mit einer Änderung der Struktur des Studiums mit etwas kürzerer Regelstudienzeit wird man am vermeintlichen Problem des Berufseintrittsalters nicht viel ändern. Hier wäre eine ehrliche Betrachtung der wirklichen Ursachen für den vermeintlich späten Berufseinstieg von Nöten.

Wir stehen im Begriff, ein über alle Maßen erfolgreiches System ohne jegliche Notwendigkeit aufzugeben. Wesentliche Organisationen der deutschen Ingenieure nehmen ihre Interessenvertretung nicht wahr. In der Öffentlichkeit sind die bevorstehenden Änderungen bisher kaum bis gar nicht bekannt.

Warum fangen die Juristen, Lehrer usw., die den eingangs umrissenen Personenkreis majorisieren, mit den Versuchen von vermeintlichen Studienreformen nicht zuerst bei sich selbst an? Haben diese vielleicht Angst davor, sich in einigen Jahren von einem „schnell ausgebildeten“ Bachelor der Medizin behandeln zu lassen oder von einem Bachelor der Jurisprudenz vertreten zu lassen?

Vielleicht sollte man wieder einmal über den „großen Teich“ (oder den eigenen Tellerrand) schauen. Auch in den USA hat man erkannt, dass Reformen der Ingenieurausbildung notwendig sein könnten. Nach neusten Informationen denken die Universität Stanford und das MIT darüber nach, fünfjährige Diplomstudiengänge einzuführen!

Mit herzlichem Gruß
Ihr



Akkreditierung erweitert

Armin Ruppert

Mit der Ablösung der DIN EN 45001 durch die DIN EN ISO/IEC 17025 /1/ mussten alle Akkreditierungen von Prüflaboratorien bis Ende 2002 umgestellt werden. Für die Prüfstelle HLK erfolgte dies im Juli 2001. Damit wird eine weltweite Harmonisierung der Anforderungen an Prüf- und Kalibrierlaboratorien angestrebt, d.h. die Akkreditierung und somit die Prüfergebnisse werden weltweit anerkannt.

Die neue Norm beinhaltet einige Erweiterungen und v.a. Konkretisierungen von Anforderungen:

Dies sind u.a.

- Angabe von Zusatzinformationen in Prüfberichten, detailliertere Anforderungen zur besseren Zusammenarbeit mit Kunden,
- "Vorbeugenden Maßnahmen" zur Aufdeckung von möglichen Fehlerquellen und notwendigen Verbesserungen,
- Anwendung von Verfahren zur Schätzung der Messunsicherheit,
- höhere Bedeutung der Validierung von entwickelten bzw. modifizierten Prüfverfahren.

Die flexible Akkreditierung der Prüfstelle HLK wurde dabei erneut bestätigt.

Sie umfasst neben der ISO 9001-Zertifizierung von Firmen und den nur für spezielle Prüfungen erteilten Akkreditierungen nicht nur die derzeit praktizierten Prüfverfahren, sondern darüber hinaus die Modifizierung sowie Weiter- und Neuentwicklung von Prüfmodellen und Prüfverfahren des in der Akkreditierung definierten Prüfgebietes:

Untersuchungen von wärme-, strömungs- und MSR-technischen Eigenschaften von Komponenten, Anlagen und Systemen der Heiz- und Raumlufttechnik im Labor und in situ.

Damit ist die Prüfstelle HLK befugt, unmittelbar und ohne Zeitverzug die neuesten Methoden auf dem jeweiligen Stand von Wissenschaft und Technik und neue Anforderungen aus der Normung in seine Prüftätigkeit einzubeziehen. Dies ist ein großer Vorteil für die Auftraggeber, die sicher sein können, dass ihre Untersuchungen und Prüfungen immer im akkreditierten Bereich durchgeführt werden.

Somit ist sichergestellt, dass

- Untersuchungen jederzeit nachvollziehbar sind,
- Ergebnisse rückverfolgbar sind,
- eingesetzte Messgeräte auf nationale oder internationale Normale rückführbar sind,
- Untersuchungen unparteiisch und unabhängig durchgeführt werden,

- Untersuchungen ohne Zeitverzug nach dem neusten Stand von Wissen und Technik ablaufen,
- Ergebnisse europaweit und international anerkannt werden.

Akkreditierung als Inspektionsstelle

Zusätzlich erlangten wir die Akkreditierung als Inspektionsstelle Typ A nach DIN EN 45004 /2/. Damit wurde die langjährige Kompetenz der Inspektionstätigkeit bestätigt.

HLK besitzt somit die Kompetenz, Inspektionen in dem folgenden Tätigkeitsgebiet auszuführen:

Untersuchungen und In-Service Untersuchungen von wärme-, strömungs- und MSR-technischen Eigenschaften von Komponenten, Verfahren, Anlagen und Systemen der Heiz- und Raumlufttechnik und Feststellung ihrer Übereinstimmung mit bestimmten Anforderungen und – aufgrund einer sachverständigen Beurteilung – mit allgemeinen Anforderungen.

D.h. die Inspektionsstelle HLK nimmt Beurteilungen vor mit dem Ziel, den Auftraggebern Informationen zu liefern, die sich auf Übereinstimmung mit Verordnungen, Normen oder Spezifikationen beziehen. Zu den im Rahmen von Inspektionen zu bestimmenden Kenngrößen gehören solche der Menge, der Qualität, der Sicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der fortwährenden Erfüllung technischer Anforderungen an Anlagen und Systeme während des Betriebs (In-Service Inspektion). Die Inspektion kann sich auf alle Entwicklungsstufen der Gegenstände erstrecken.

Die Inspektionsstelle HLK befasst sich mit Tätigkeiten wie der Untersuchung von Erzeugnissen, Einrichtungen, Anlagen, Verfahren, Arbeitsvorgängen, Werkstoffen und Dienstleistungen sowie der Bestimmung der Übereinstimmung mit Anforderungen dieser Tätigkeiten gegenüber Kunden und, erforderlichenfalls, gegenüber Aufsichtsbehörden.

Multi-Standort-Akkreditierung

Aktuell hat die Prüfstelle HLK zwei Außenstellen, sog. Multi-Standorte realisiert. Die Multi-Standorte sind ganzheitlich in das Qualitätsmanagement-System und in die Akkreditierung von HLK eingebunden. Mit dieser Multi-Standort-Akkreditierung können kompetent und unverzüglich Prüfungen vor Ort durchgeführt werden.

/1/ DIN EN ISO/IEC 17025:2000: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien

/2/ DIN EN 45004:1995: Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen

COURAGE – Anwendung eines prototypischen Systems zur Betriebsüberwachung von RLT-Anlagen*

Robert F. Grob

Die meisten heiz- und raumluftechnischen Anlagen erbringen den geforderten Nutzen, wie z.B. ein bestimmtes Raumklima für Produktionsprozesse oder komfortable Umgebungsbedingungen in Büro- und Wohnbereichen. Sie arbeiten dabei aber häufig weit entfernt vom wirtschaftlichen und energetischen Optimum /1/. Dieser Sachverhalt ist nach einer mehr oder minder langen Betriebszeit selbst bei solchen Anlagen zu beobachten, die während der Inbetriebnahme oder bei Betriebsbeginn mit zum Teil recht hohem Aufwand optimiert und an die jeweiligen Erfordernisse angepasst werden. Um dies zu vermeiden, reicht selbst eine regelmäßige und sorgfältige Wartung in der Regel nicht aus. Die sich häufig schleichend einstellenden Abweichungen vom optimalen Betrieb werden von den Betreibern mangels geeigneter Hilfsmittel oder oft auch aufgrund fehlenden Hintergrundwissens meist erst sehr spät bemerkt – nämlich dann, wenn beispielsweise bei der Jahresabrechnung festgestellt wird, dass der Energieverbrauch und damit die Betriebskosten merkbar angestiegen sind. Die Anlagen müssten deshalb ständig auf ihr energetisches Betriebsverhalten überwacht werden.

Um eine ständige Überwachung heiz- und raumluftechnischer Anlagen wirtschaftlich durchführen zu können, müsste sie automatisiert erfolgen. Diese Thematik ist Inhalt des vom BMBF bzw. BMWI geför-

dernten Forschungsvorhabens COURAGE /2/, das am Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik zusammen mit den Firmen IFB Dr. Braschel GmbH und Hewlett Packard GmbH Deutschland durch-

geführt wurde. Das Ziel des Vorhabens ist die prototypische Umsetzung bereits bestehender Konzepte für die automatisierte Betriebsüberwachung in einer Demonstrationsanlage. Neben der

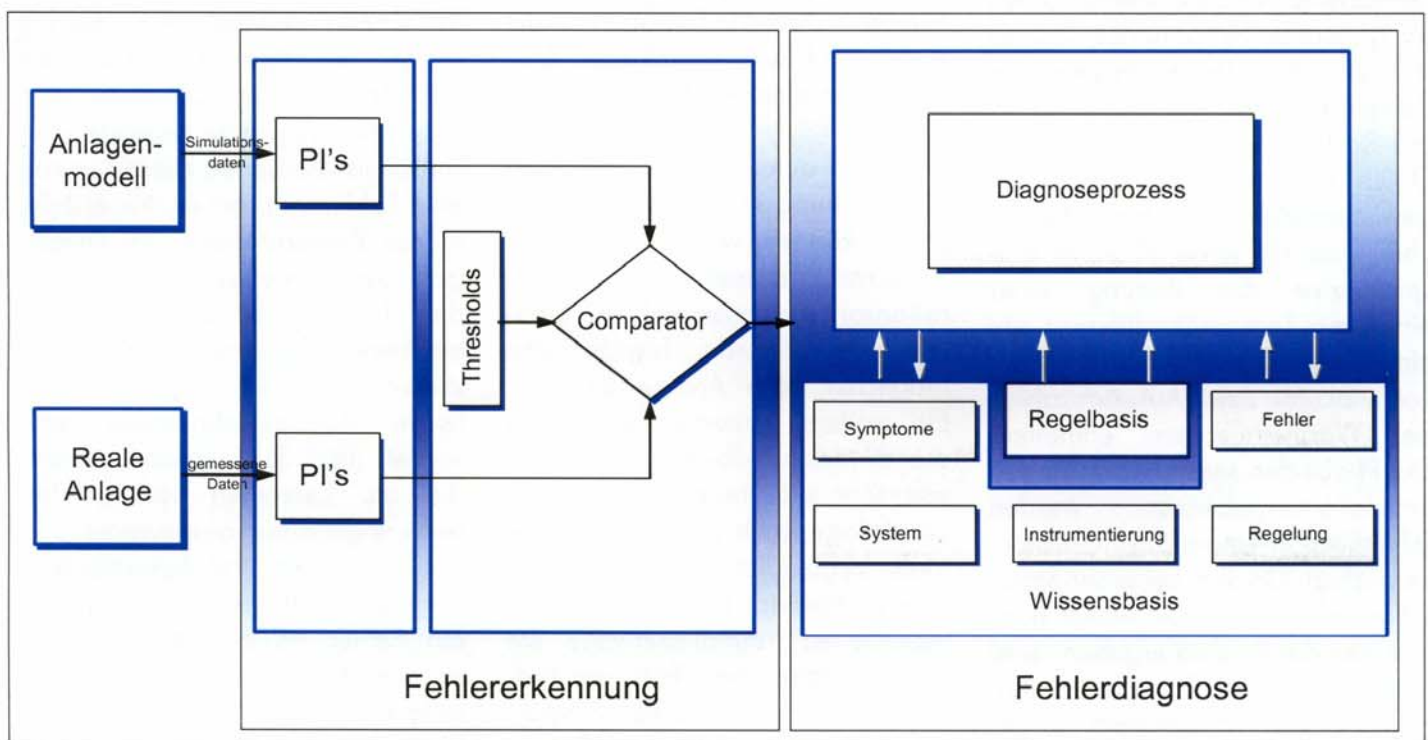


Bild 1: Ansatz zur modellbasierten Fehlererkennung und -diagnose

Entwicklung eines Prototyps zur automatisierten Fehlererkennung und Diagnose liegt der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten auf der Ermittlung der Voraussetzungen, die in gebäudetechnischen Anlagen für den Einsatz solcher Techniken gegeben sein müssen.

Die Grundlage für den in COURAGE umgesetzten Prototyp zur Betriebsüberwachung bildet der Ansatz zur modellbasierten Fehlererkennung und -diagnose (FDD) /3; 4/, der in Bild 1 dargestellt ist. Der Ansatz basiert auf einem ständigen Vergleich des Betriebs der Anlage mit einem Simulationsmodell derselben. Im Idealfall gibt dieses Modell exakt den geplanten, realen und fehlerfreien Betrieb der Anlage entsprechend der jeweiligen Randbedingungen (Wetter, Innenlasten, etc.) wieder und stellt so eine virtuelle Kopie der realen Anlage dar. Um die Betriebsdaten aus der realen und der virtuellen Anlage besser miteinander vergleichen zu können, werden aus den gemessenen und simulierten Daten so genannte Performance Indices (PI) gebildet. Beim Prozess der Fehlererkennung werden in den PI mit Rechenvorschriften die in den Daten enthaltenen Informationen gewissermaßen verdichtet. Die Rechenvorschrift eines PI kann beispielsweise die Bildung einer einfachen Temperaturdifferenz wie eine Spreizung oder die Ermittlung von Abkühl- bzw. Aufwärmzahlen bei Wärmetauschern enthalten. Die PI aus den Messdaten und den Simulationsergebnissen werden schließlich in einem „Comparator“ verglichen. Da sich bei einer Simulation immer gewisse Abweichungen von der Realität ergeben, wird jeder PI auf der Basis eines ihm zugeordneten Schwellwerts verglichen. Um Fehlalarme zu vermeiden, geben die Schwellwerte

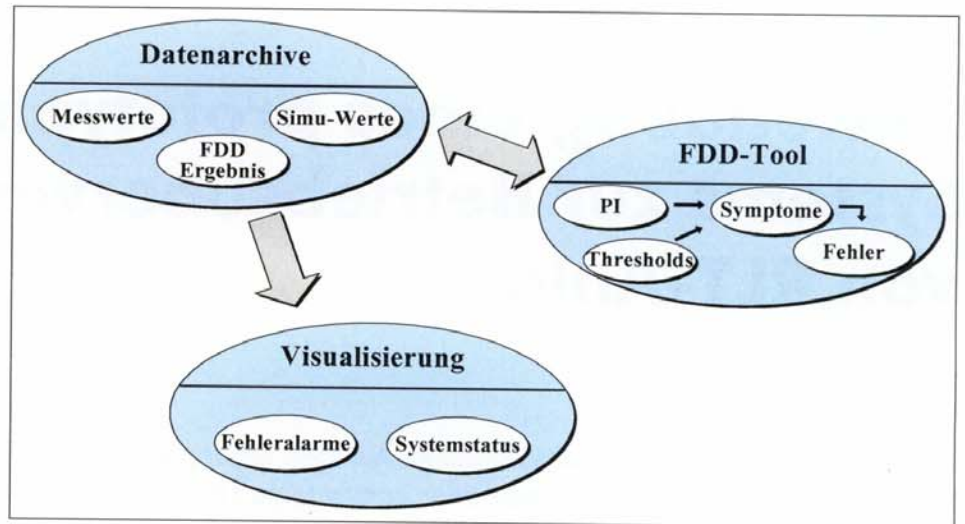


Bild 2: Aufbau des Prototyps zur automatisierten Betriebsüberwachung

jeweils einen maximalen Wert an, um den die PI voneinander abweichen dürfen. Wird dieser überschritten, erkennt das System, dass ein Fehler vorliegt und startet die Fehlerdiagnose. Der Diagnoseprozess baut auf einer Wissens- und einer Regelbasis auf. Die Wissensbasis beinhaltet einerseits Informationen zur Instrumentierung und Regelung des betreffenden RLT-Systems und andererseits Wissen über Symptome und Fehler, die in der Anlage auftreten können. Hierbei stellen Symptome die mess- und wahrnehmbaren Auswirkungen eines Fehlers dar.

Um die automatisierte Betriebsüberwachung in der Praxis umsetzen zu können, war in COURAGE zunächst eine geeignete Demonstrationsanlage auszuwählen. Sinnvollerweise wurde hierfür eine möglichst neue Anlage benötigt. Ein weiteres Kriterium war, dass die Betriebsrandbedingungen gut erfassbar sein mussten und dass die Anlage auch während des Betriebs zugänglich war. Die Firma Hewlett Packard stellte für die Projektarbeiten freundlicherweise die Zentralanlage ihrer kurz vor Projektbeginn fertig gestellten Produktionshalle in Gütstein zur Verfügung. Diese Anlage und de-

ren Regelung wurden in einem ersten Arbeitsschritt auf Fehler und Abweichungen überprüft. Anschließend wurde das für die Fehlererkennung als Referenz benötigte Simulationsmodell erstellt und an den Betrieb der Anlage angepasst. Parallel hierzu wurde der oben beschriebene Ansatz zur Fehlererkennung und -diagnose zu einem Prototyp weiterentwickelt. Der Aufbau dieses Prototyps ist in Bild 2 dargestellt.

In einem weiteren Arbeitsschritt wurde die dem so genannten FDD-Tool (*Fault Detection and Diagnosis*) zugrunde liegende Wissensbasis erarbeitet. Hierfür wurde eine Fehlersymptom-Matrix erstellt, in der Betriebsfehlern die jeweiligen Symptome zugeordnet werden. Um die mit dem FDD-Tool ermittelten Ergebnisse visuell darstellen zu können, wurde eine grafische Benutzerschnittstelle entwickelt (Bild 3). In dieser werden die als Zeitreihen vorliegenden Fehlerergebnisse ausgewertet und in Form von Häufigkeitsbalken dargestellt, die angeben, wie oft ein Fehler im betrachteten Zeitraum in den einzelnen Zeitschritten aufgetreten ist. Mit dieser Darstellung können Schwellwertverletzungen, die sich z.B. gelegentlich bei

dynamischen Anfahrvorgängen ergeben, auf einfache Weise herausgefiltert werden. Über die Farbgebung kann der jeweilige Benutzer gewissermaßen die Sensitivität des Systems beeinflussen. Abschließend wurden der Prototyp im realen Betrieb getestet und die Testergebnisse evaluiert.

Eine wesentliche Schwierigkeit bei der Durchführung der Arbeiten ergibt sich aus der Tatsache, dass sich die zu Beginn der Arbeiten am Projekt COURAGE getroffene Annahme, dass „vorbildlich geplante und ausgeführte Anlagen nach einer den Vorschriften entsprechenden Inbetrieb- und Abnahme den Planungsvorgaben entsprechen und nahezu fehlerfrei arbeiten“, als zu optimistisch erweist. So stellt sich die für die Überprüfung der Anlage und zur Bestimmung der Schwellwerte notwendige Sensor-

validierung als erheblich aufwendiger heraus, als zunächst angenommen. Mit der Sensorvalidierung wird garantiert, dass alle Sensoren in der Anlage auch tatsächlich die am jeweiligen Messort vorliegenden physikalischen Bedingungen wiedergeben, da richtige Messwerte aus der Anlage eine der wesentlichen Grundlagen für eine automatisierte Betriebsüberwachung sind. Bei der Sensorvalidierung wird ebenso überprüft, ob die jeweiligen Sensoren richtig platziert sind und ob sie für die jeweilige Messaufgabe geeignet sind. In Bezug auf die Demonstrationsanlage – diese ist vorbildlich geplant und ausgeführt – zeigt sich, dass die Sensoren zum Teil relativ stark von den geforderten Planungsvorgaben abweichen. Ein weiteres Hindernis bei der Umsetzung der Projektziele liegt in der komplexen Datenbeschaffung aus

dem Gebäudeleitsystem der Anlage. Das Hauptproblem hierbei stellt das Format dar, mit dem die Daten aus der GLT-Datenbank ausgegeben werden. Dieses wird zwar als ASCII- und CSV-Format angegeben, weicht aber erheblich von den gängigen Datenformaten ab. Zusätzlich hierzu ergeben sich noch Probleme aus der Tatsache, dass der FDD-Prototyp in einer Windowsumgebung läuft, während die GLT – aus Sicherheitsgründen – auf einem Standalone-Unix-System installiert ist. Dies bedeutet, dass die Messdaten über Datenträger wie Disketten in das FDD-System übertragen werden müssen. Bei der Erstellung des Referenzmodells mit Hilfe einer TRNSYS-Simulation ergeben sich Probleme mit den vorhandenen Modellbibliotheken. Die darin enthaltenen Modelle sind in der Regel für eine

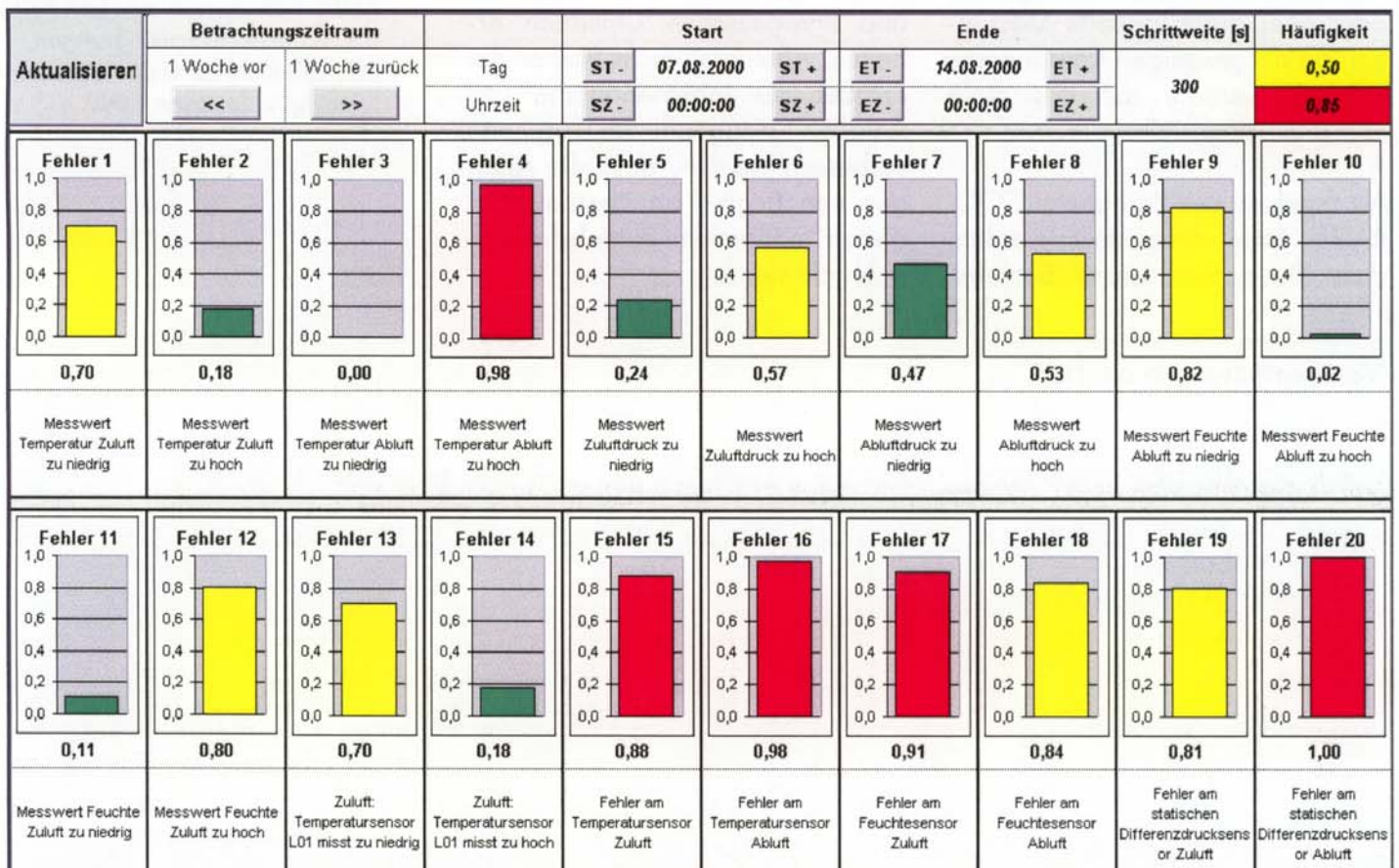


Bild 3: Grafische Benutzerschnittstelle des Systems zur automatisierten Fehlererkennung und -diagnose

Simulation während der Planung ausgelegt, d.h. diese „Konzeptmodelle“ können meist nur Ergebnisse in „Entwurfsqualität“ ausgeben. Für die Betriebsüberwachung werden jedoch „Betriebsmodelle“ benötigt, mit denen es zum einen möglich ist, das zeitliche Verhalten der Komponenten in sehr kleinen Zeitschritten möglichst exakt wiederzugeben. Zum anderen muss bei den Betriebsmodellen die Möglichkeit gegeben sein, das Modellverhalten mittels einfacher Parameter an das tatsächliche Verhalten der Komponenten anzupassen. Aus diesem Grund werden in COURAGE bestehende Komponentenmodelle konsequent mit einem Kennlinienansatz weiterentwickelt. Hierzu werden in den Simulationsmodellen Kennlinien für die einzelnen Komponenten hinterlegt. Diese Kennlinien können mit Hilfe von Parametern, die entweder vom Hersteller bereitgestellt oder aber durch gezielte Messungen an der jeweiligen Komponente ermittelt werden, auf das reale Verhalten eingestellt werden.

Als Ergebnis des Vorhabens COURAGE kann festgestellt werden, dass die automatisierte Betriebs-

überwachung mit dem entwickelten Prototyp prinzipiell möglich ist. Die verwendeten Ansätze greifen in der Praxis. Das FDD-Tool für die Betriebsüberwachung kann sogar bereits bei der Sensorvalidierung der Anlage eingesetzt werden.

Allerdings haben sich die Vorarbeiten, die notwendig sind, um den Prototyp in der Praxis einsetzen zu können, als sehr aufwendig herausgestellt. Die Hauptursache hierfür ist, dass die Inbetriebnahme unserer heiz- und raumluftechnischen Anlagen nicht optimal ist. Insbesondere die Mess- und Regeltechnik wird aufgrund des immensen Zeit- und Kostendrucks bei der Inbetriebnahme nahezu „stiefmütterlich“ behandelt.

Der Einsatz von Systemen zur automatisierten Betriebsüberwachung in mittlerer Zukunft trägt mit Sicherheit dazu bei, dass heiz- und raumluftechnische Anlagen dauerhaft in einem wirtschaftlichen und energetischen Optimum arbeiten. Allerdings muss vorher der Prozess der Inbetriebnahme von Anlagen dringend dahingehend verbessert werden, dass die Anlagen von Beginn an überhaupt in diesen optimalen Betriebsbereich gebracht werden.

Literatur:

- /1/ John, R.: Operating Experience of Building Management Systems. Proceedings 3rd International Congress on Building Energy Management, ICBEM, 1987.
- /2/ Grob, R.; Harter, J.; Schmidt, M.; Bach, H.: COURAGE – Computergestützte Überprüfung von bestehenden heiz- und raumluftechnischen Anlagen. Endbericht zum BMWi-Forschungsvorhaben 0329815A/3, Universität Stuttgart, IKE – Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik, Stuttgart, 2002.
- /3/ IEA-Annex 25: Real Time Simulation of HVAC Systems for Building Optimization, Fault Detection and Diagnosis, ISBN 952-5004-10-4, VTT Building Technology, Finnland, 1996.
- /4/ Bach, H. et al.: Entwicklung eines Systems zur Erkennung und Diagnose von Fehlern beim Betrieb von HLK-Anlagen. Endbericht zum BMBF-Forschungsvorhaben Nr.: 032933A, Universität Stuttgart IKE, Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik, Stuttgart 1997.

*Veröffentlichung in der HLH

MELISSA – Methode zur Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes von Einzelheizgeräten mit gekoppelter Betriebssimulation von Gebäude und Anlage

Jörg Dipper

Anfang des Jahres 2002 wurde das Forschungsvorhaben MELISSA erfolgreich abgeschlossen. Es wurde im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung* gefördert. Inhalt von MELISSA ist die Analyse der energetischen Vorgänge der Nutzenübergabe von Einzelheizgeräten. Dazu zählen Elektrodirektheizsysteme, Elektro-speichergeräte und mit Öl, Gas oder Festbrennstoffen befeuerte Öfen. Als Untersuchungswerkzeug kam die gekoppelte Gebäude- und Anlagensimulation zum Einsatz. Für die verschiedenen Heizsysteme wurden einerseits vorhandene Simulationsmodelle erweitert,

andererseits auch völlig neue Modelle entwickelt, so z.B. für einen mit Holz befeuerten Kachelofen.

Da der gesamte Forschungsbericht auf der Homepage des Lehrstuhls als PDF-Datei kostenlos unter <http://www.lhr.ike.uni-stuttgart.de/veroeffentlichungen/text.html> herunter geladen werden kann, seien an dieser Stelle nur beispielhaft ein paar Ergebnisse vorgestellt:

Bewertungsgröße ist für beide Beispiele die Aufwandszahl. Sie beinhaltet bei den Einzelheizgeräten den Gesamtaufwand, also den

Aufwand der Nutzenübergabe, der Verteilung und der Erzeugung zusammen, weil diese drei Teilbereiche hier nicht getrennt bewertet werden können. Die Aufwandszahl e ist definiert als Verhältnis von Aufwand des 'realen' Heizsystems Q_1 zum gerechneten Referenzbedarf $Q_{0,N}$. Aufgetragen wird die Aufwandszahl über der relativen Heizlast. Sie ist ein Maß dafür, wie intensiv das Heizsystem bei einer bestimmten Nutzung in Betrieb ist. Je kleiner die relative Heizlast ist, desto mehr überwiegt der niedrige Teillastbetrieb.

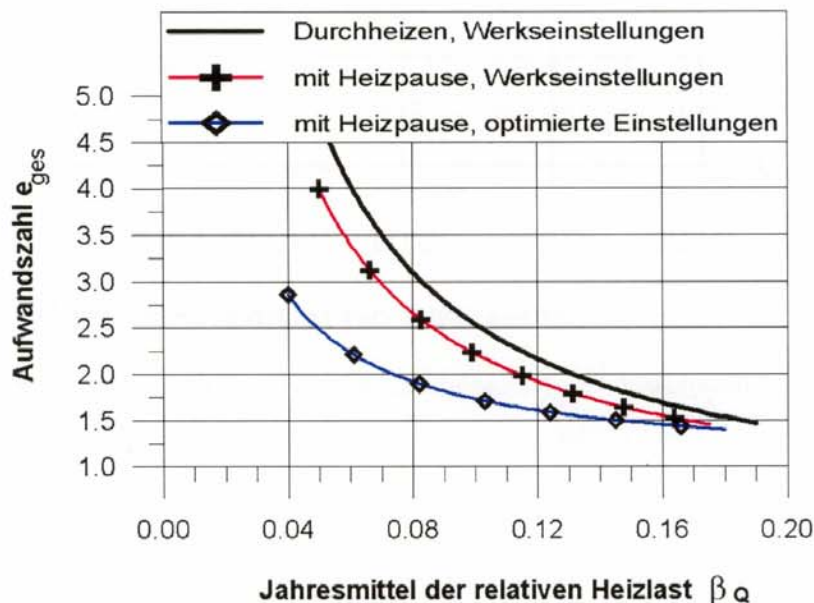


Bild 1: Aufwandszahlen der Nutzenübergabe für ein Elektro-speichergerät

In Bild 1 wird das Ergebnis für ein Elektrospeicherheizgerät gezeigt. Die drei unterschiedlichen Kurven entstehen durch unterschiedliches Nutzerverhalten. Die oberste Kurve gilt, wenn der Nutzer das Elektrospeichergerät mit Werkseinstellungen betreibt. Die zweite Kurve gilt, wenn mit denselben Aufladeeinstellungen in den Sommermonaten eine Heizpause eingelegt wird. Der Zeitraum für die Heizpause ist so gewählt, dass keine Sollwertunterschreitungen auftreten. Passt der Nutzer die Aufladeinstellungen und den Aufheizzeitpunkt genau an seine Nutzung (Innenlasten und Solltemperaturprofil) an, gelten die Aufwandszahlen der untersten Kurve. Bei gleichem Nutzen kann z. B. bei einer Relativen Heizlast

von 0,1 die Aufwandszahl von 2,5 auf etwa 1,7 gesenkt werden. Das zweite Beispiel ist ein mit Holz befeuerter Kachelofen. Im Gegensatz zum vollkommen automatisch arbeitenden Elektrospeichergerät ist hier ein erheblicher Bedienaufwand erforderlich. Die energetische Betrachtung ist nur ein Aspekt bei der Beurteilung von Heizsystemen. Für den Kachelofen wird angenommen, dass er in regelmäßigen Abständen bedient wird, d. h. Brennstoff nachgelegt wird. Die Menge des nachgelegten Brennstoffs richtet sich danach, wie weit die momentane Raumtemperatur zum Bedienzeitpunkt über dem Sollwert liegt. Ist der Abstand groß, weil Innenlasten im letzten Intervall wirksam waren oder die Außen-

temperatur angestiegen ist, wird wenig oder gar kein Holz nachgelegt. Ist der Abstand klein, wird entsprechend mehr nachgelegt. Die beiden in Bild 2 gezeigten Kurven gelten für einen Bedienabstand von zwei und neun Stunden. Der Ofen wird also etwa acht Mal täglich bedient oder zwei Mal. Auch hier zeigt sich der Einfluss des Nutzers auf den Energieaufwand, der zur Deckung des Bedarfs notwendig ist.

* Gefördert mit Mitteln des Ministeriums für Wirtschaft und Technologie über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen AiF. AiF-Vorhaben Nr. 12233 N

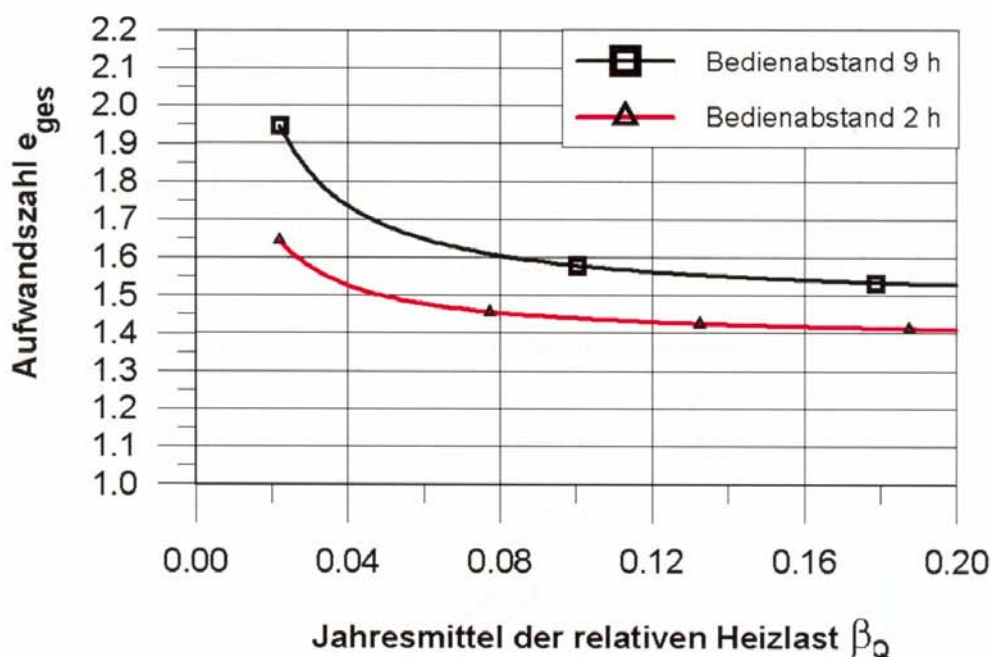


Bild 2: Aufwandszahl der Nutzenübergabe in Abhängigkeit der relativen Heizlast

Neuerscheinung: „Industrial Ventilation Design Guide Book“

Bernhard Biegert

Umfassende Standardwerke zum Themengebiet „industrielle Lüftungstechnik“ sind rar. Eines der bekanntesten in Deutschland ist sicherlich das Werk von Baturin, nicht zuletzt weil es auch als deutschsprachige Ausgabe erschienen ist. Verwunderlich indes ist, dass diesem sehr komplexen Gebiet mit vielen nach wie vor nicht ausreichend erforschten Fragestellungen und einem hohen Bedarf an individuellen, flexiblen Lösungen immer noch recht wenig Aufmerksamkeit zuteil wird. Die wenigen verfügbaren, meist schon betagten Standardwerke können für heutige Problemstellungen nur selten befriedigende Lösungen anbieten.

Vor diesem Hintergrund wurde Anfang der 90er Jahre die Forschung in diesem Bereich intensiviert. Während in Deutschland eher punktuell gefördert wurde (z.B. /1/), rückte Finnland mit dem groß angelegten Förderprogramm INVENT (Industrial Ventilation, 1991-1996) technologisch an die Weltspitze vor. Bezüglich der Erstellung eines entsprechenden Handbuches gelangten die Finnen jedoch zur Erkenntnis, dass hier globales Handeln erforderlich sei. Innerhalb von 2 Jahren wurden unter der Regie von Esko Tähti aus Finnland eine ansehnliche Gruppe von internationalen Lüftungsspezialisten versammelt, die sich 1995 dafür entschied, gemeinsam ein Handbuch als Standardwerk zum Thema „Industrial Ventilation“ zu schreiben. Die Regie wurde von Esko Tähti und Howard Goodfellow (Kanada) übernommen. Bis Mitte 2001 dauerte die Arbeit der inzwischen auf 100 Personen aus 19 Ländern angewachsenen Autorengruppe. Koordiniert wurde die Arbeit vor allem in der parallel laufenden „COST“-Aktion G3 „Industrial Ventilation“ der Europäischen Gemeinschaft.

Seit Mitte 2001 ist das stolze 1500 Seiten umfassende Werk, das von den Autoren scherzhaft als „Die Bibel“ bezeichnet wird, fertig gestellt und unter dem Titel „Industrial Ventilation Design Guide Book“ /2/ auch im Buchhandel erhältlich. Das Buch bietet einen vollständigen Überblick über alle Bereiche der industriellen Lüftungstechnik, angefangen von den physikalischen und arbeitsmedizinischen Grundlagen sowie grundlegenden Berechnungs- und Auslegungsverfahren (z.B. Lastberechnung, Berechnungsverfahren für Luftstrahlen und Thermikströmungen), über alle Unterbereiche der sog. Nutzenübergabe (Stoffeffassung, Luftführung, Lufttransport und Luftbehandlung) bis hin zur Abluftreinigung und pneumatischen Förderung. Ergänzt werden diese Themen durch jeweils eigene Kapitel über die Gebäude- und Strömungssimulation als moderne Planungsinstrumente sowie über aktuelle experimentelle Techniken für Labor- oder Vor-Ort-Untersuchungen und über das bei uns erst im Kommen befindliche Bewertungsinstrument der Lebenszyklusbetrachtung.

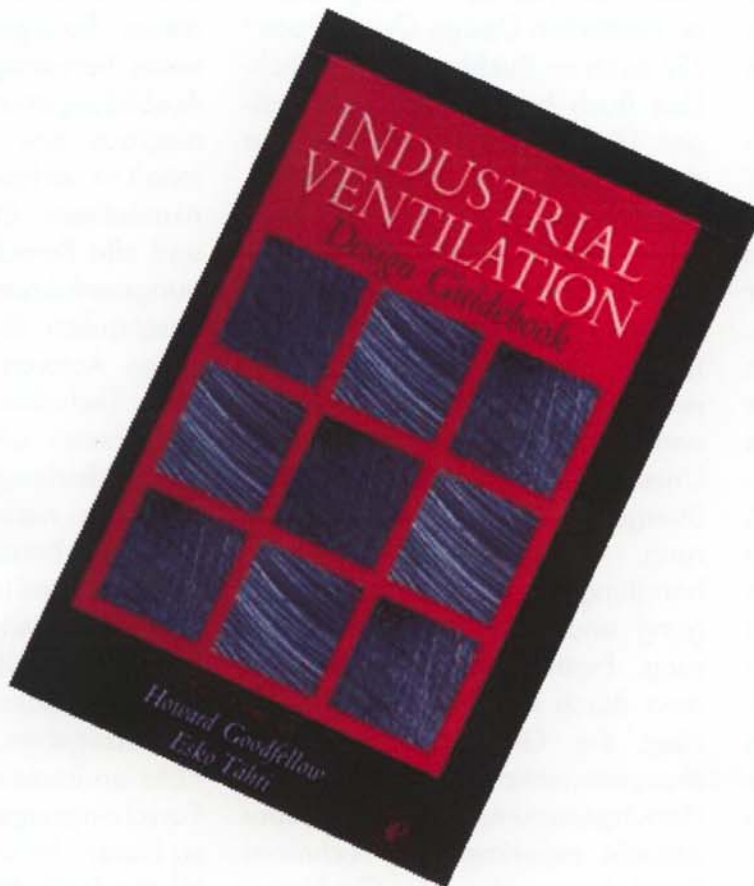
Das Buch hat den (gewollten) Charakter eines Lehrbuchs mit akademischem Niveau. Es richtet sich vor allem an Wissenschaftler und theoretisch interessierte Ingenieure. So eignet es sich beispielsweise hervorragend als Lehr- und Ausbildungsmaterial für die Ingenieuraus- bzw. -weiterbildung. Der Inhalt ist leichtverständlich (in amerikanischem Englisch) dargestellt und alle Berechnungs- und Auslegungsverfahren sind mit Beispielen anschaulich illustriert. Durch die vielen Autoren aus unterschiedlichen Technikkulturen mit anderen Vorgehens- und Denkweisen zur Lösungsfindung ist mit diesem Buch ein naturgemäß nicht vollkommen homogenes Werk entstanden. Dies ist jedoch eher positiv zu bewerten, bietet es doch die Möglichkeit, über die gewohnten und eingefahrenen Denkansätze hinauszugehen und sich von der Fülle an Berechnungsansätzen und Forschungsergebnissen inspirieren zu lassen. Im umfangreichen Kapitel zur Stoffeffassung fehlen leider die in Deutschland immer häufiger verwendeten Erfassungselemente Düsenplatte und Drall- bzw. Wirbelhaube.

Dies ist vor allem auf die (zu) geringe Beteiligung von deutscher Seite zurückzuführen aber auch als Indiz zu werten, welches Verbesserungspotential in diesem Bereich noch besteht. Insgesamt ist das Buch in dieser Zusammenstellung und Vollständigkeit absolut einmalig und von herausragender Qualität. Es wird sich mit Sicherheit zu einer Referenz auf diesem Gebiet entwickeln, wenn es diesen Status nicht bereits erlangt hat. Es kann damit jedem nur wärmstens empfohlen werden, der in diesem Bereich oder in Randbereichen davon tätig ist.

Doch damit nicht genug. Um auch den mehr praktisch orientierten Ingenieur und Planer anzusprechen, ist als nächster Schritt die Erstellung von branchenorientierten Anwendungsschriften (Applications) geplant. Diese Arbeit wird derzeit wiederum im Rahmen der „COST“-Aktion G3 organisiert. Interessierte Personen, Firmen oder Organisationen sind hier herzlich zur Mitarbeit eingeladen.

Literatur:

- /1/ Bach, H. u.a.: Gezielte Belüftung der Arbeitsbereiche in Produktionshallen zum Abbau der Schadstoffbelastung. Forschungsbericht HLK-1-92, Hrsg.: Verein der Förderer der Forschung im Bereich Heizung, Lüftung, Klimatechnik Stuttgart e.V., 2. Auflage, September 1993.
- /2/ Tähti, E.; Goodfellow, H. (Herausgeber): Industrial Ventilation Design Guide Book. Academic Press, 2001. ISBN 0-12-289676-9 (Bezug durch den Buchhandel).



B. Biegert hat die Kapitel 1 "Industrial Air Technology - Description" und 2 "Terminology" zusammen mit J. Railo (Finnland) formuliert und an Kapitel 10 „Local Ventilation“ mitgearbeitet.

Planung und Gestaltung eines solaroptimierten Gebäudes

Markus Treiber

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung wurde in der Zeit vom 01.06.1998 bis 31.12.2002 im Auftrag der „Gemeinnützige Gesellschaft für Innovation und Transfer“ ein energetisch optimiertes Gebäude entwickelt, das den innovativen Charakter der einziehenden Existenzgründer unterstreicht und durch eine flexible Raumaufteilung sowie durch ein neuartiges Anlagenkonzept viel Platz für Veränderungen lässt.

Kennzeichnend für den rund 3300 m² Nettogrundfläche umfassenden

Gebäudekomplex (Bild 1) sind drei in Südrichtung verlaufende Flügel (Bürobereich) und ein, die unterschiedlichen Gebäudeteile verbindender, kompakter Baukörper (Produktions- und Seminarräume) im Nordbereich.

Im Sinne eines **optimalen Planungsablaufs** wurde frühzeitig ein interdisziplinäres Team gebildet, das durch eine aufeinander abgestimmte Planung ein Erreichen der Vorgaben sicherstellen sollte. Dabei wurde der Minimierung des Heizenergieaufwands, der Vermeidung von sommerlicher Überhit-

zung des Gebäudes durch geeignete Lüftungskonzepte und Verschattungseinrichtungen und einer durchdachten Beleuchtungskonzeption viel Raum gegeben.

Die **Nutzenübergabe** erfolgt bedarfsorientiert. Dazu wurden die Systemlösungen so gewählt, dass die zuvor definierten Anforderungen optimal erfüllt werden. In den Büroräumen steht die flexible Raumnutzung im Vordergrund. Als Systemlösung wird hier ein Deckensegel eingesetzt. Dieses deckt die Heizlast, dient dem Schallschutz und ermöglicht ein direktes



Bild 1: Gebäudekomplex der Gesellschaft für Innovation und Transfer in Siegen

Nachströmen der Zuluft über die Außenfassade. In der Eingangshalle und den sonstigen Verkehrsflächen sorgen Heizkörper im Winter und ein freies Lüftungskonzept im Sommer für eine behagliche Umgebungstemperatur. An die mechanische Entlüftung des Gebäudes ist eine hocheffiziente Wärmerückgewinnung gekoppelt. Zusätzlich sorgt ein Erdwärmetauscher im Sommer für kühlere und im Winter für vorgewärmte Zuluft (Bild 2).

Übergeordnetes Ziel im Sinne des solaroptimierten Bauens ist es, unter den gegebenen Randbedingungen, ein Optimum zwischen den erforderlichen Schutz- und den gewünschten Versorgungsfunktionen zu ermitteln. Dabei kommt es häufig zu Konflikten, weil physikalische Gesetze die gleichzeitige Erfüllung von Funktionen eingrenzen. Besonders gilt dies für die Kombination Durchsicht und Blendschutz, aber auch thermischen Sonnenschutz und Tageslichtnutzung sowie dem Konflikt zwischen solaren Gewinnen im Winter und Überhitzung im Sommer. Zur Lösung dieser Anforderungskonflikte werden eine hohe

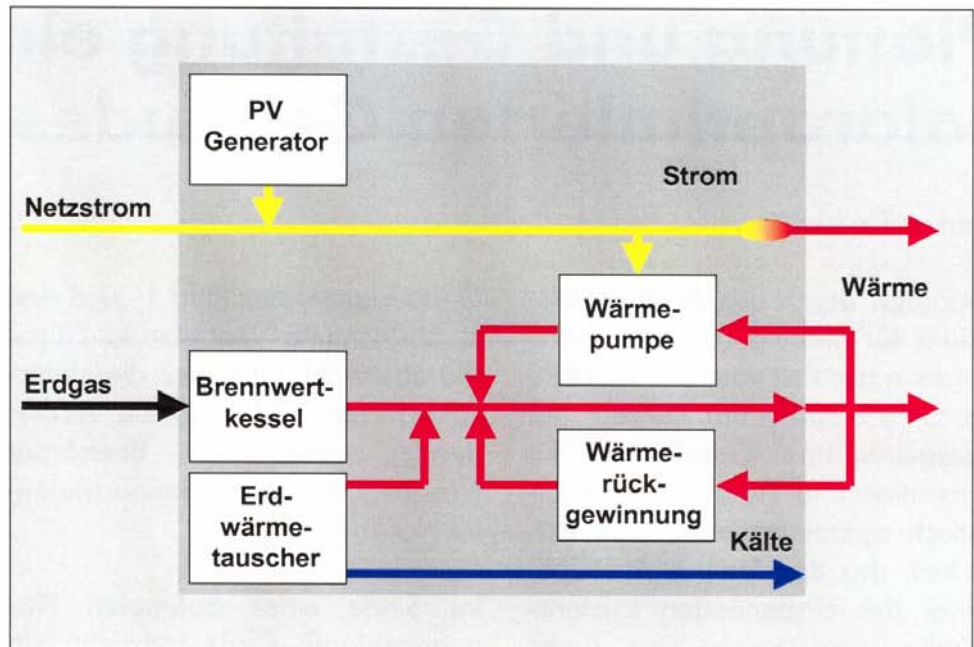


Bild 2: Anlagenschema

Variabilität bezüglich des Gesamtenergiedurchlassgrads und eine gute Selektivität zwischen Licht- und Energieeintrag ins Rauminnere angestrebt. In dem dargestellten Grundriss sind die tageslichtoptimierten Bereiche gelb gekennzeichnet (Bild 3).

Veröffentlichungen:

GIT Siegen- Bericht zur energetischen Optimierung Solarbau Teilkonzept3, Phase 1: Planung, Optimierung. Schlussbericht HLK 2/2002, Stuttgart 2002 (Hrsg. Forschungsgesellschaft HLK Stuttgart mbH)

Weitere Informationen:

- <http://www.uni-stuttgart.de/LHR/>
- <http://www.solarbau.de/>
- <http://www.git-siegen.de/>
- <http://nesa1.uni-siegen.de/>

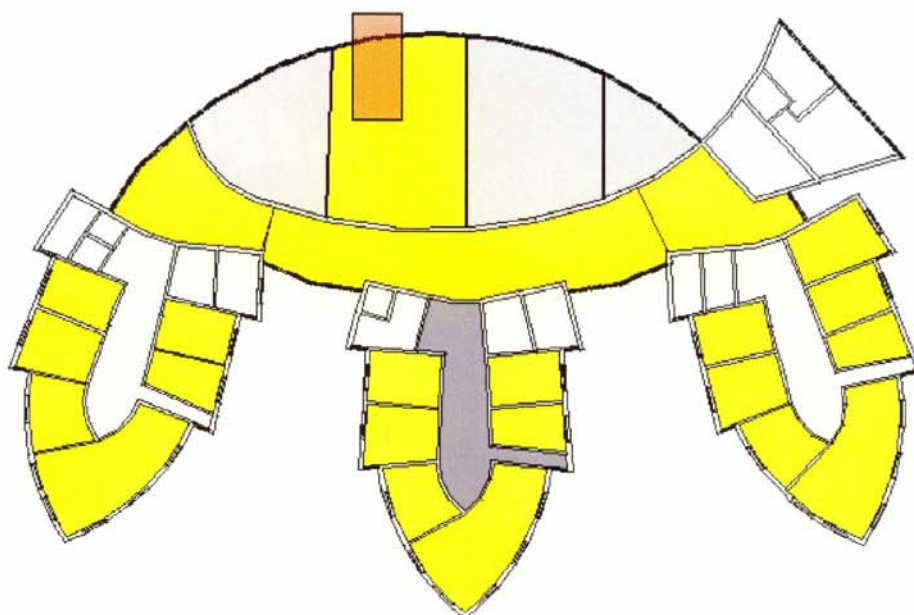


Bild 3: Tageslichtoptimierte Zonen im Erdgeschoss

Neue Wege der Heizkörperauslegung nach VDI 6030

Raphael Haller

Für die Auslegung von Raumheizkörpern wird bisher die DIN 4701 Teil 3 verwendet. In der Norm wird lediglich die Auslegungswärmeleistung auf der Basis der Heizlastberechnung bestimmt. Für die Bestimmung von Heizmitteltemperaturen liegen keine Angaben vor, wodurch meist die Normbedingungen der Heizkörperprüfung auch für Auslegezwecke „missbraucht“ oder andere Temperaturpaarungen willkürlich festgelegt werden. Weiterhin werden in der DIN keine Angaben zur Auswahl geeigneter Modelle oder gar zum Aufstellungsort gemacht.

Das maßgebliche Kriterium für die Entwicklung neuer Konzepte für die Nutzenübergabe ist die thermische Behaglichkeit. Die Bedürfnisse und Wertvorstellungen der Nutzer hierfür sind in den letzten Jahren deutlich gestiegen und werden nicht diffus vorgebracht, sondern als Mindestanforderungen quantifiziert. Es genügt nicht, mit dem Einbringen der Normheizlast die Norminnentemperatur sicherzustellen. Der Nutzer nimmt zwar die für die Heizungsfachleute geltenden ISO- und DIN-Regeln zur Kenntnis, beharrt aber auf der persönlichen Erfahrung, dass seine **örtliche Empfindung** für Behaglichkeitsdefizite - meist Strahlungsdefizite und Fallluftströmungen an Fenstern - maßgeblich ist und definiert hierfür seine eigenen Behaglichkeitskriterien. Weiterhin sind die Dämmwerte der Umfassungsflächen nicht so gut, dass Behaglichkeitsdefiziten keine Aufmerksamkeit geschenkt werden müsste. Nach vorherr-

schender Meinung gilt eine Unter-temperatur der Umfassungsflächen von mehr als 4 K als unbehaglich. Insbesondere bei hochgedämmten Gebäuden muss vor allem den Fenstern die Hauptbeachtung gewidmet werden.

Eine weitere Neuerung gegenüber der bisherigen Denkweise besteht darin, dass nicht mehr undifferenziert der Gesamtraum als Beheizungsziel angesehen wird, sondern nur ein für den Aufenthalt der Personen wesentlicher Teil, die **Anforderungszone**. Nur in ihr sollen die Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf die Behaglichkeit, erfüllt sein. Das heißt, in ihr dürfen definitionsgemäß keine Behaglichkeitsdefizite auftreten oder anders ausgedrückt, die Anordnung und Größe der freien Raumheizflächen müssen dafür sorgen, dass in dieser Zone die Anforderungen erfüllt sind. Im Umkehrschluss folgt aus

der Festlegung der Anforderungszone, welche Heizflächen zur Erfüllung der Anforderungen überhaupt in Frage kommen; hierbei ist „Heizfläche“ im weitesten Sinne gemeint, ob die Heizaufgabe z.B. auch mit einer Boden- oder Deckenheizung, einem Kachelofen oder ähnlichem zu erfüllen ist. Für die Vorgabe der Anforderungszone genügt ein einfacher Quader, dessen maximale Ausdehnung durch Mindestabstände zu den Umfassungsflächen begrenzt wird, siehe **Bild 1**. Die tatsächlich herstellbare Anforderungszone ist durch gekrümmte Flächen mit in der Höhe variablen Abständen zu den "kalten" Umfassungsflächen hin begrenzt. Ein Beispiel zeigt **Bild 2**.

Um in der Matrix der vielen denkbaren Anforderungen Ordnung zu schaffen, werden mit der neuen VDI-Richtlinie 6030 drei **Anforderungsstufen** eingeführt:

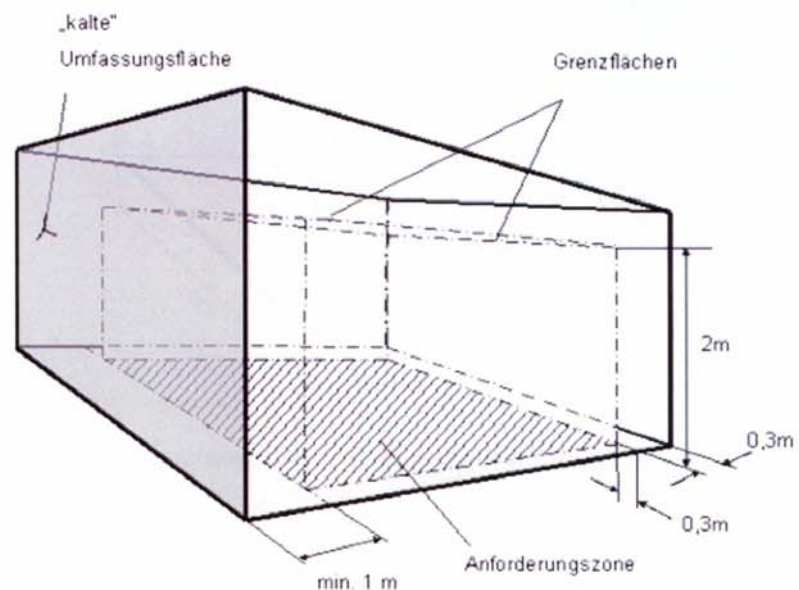


Bild 1: Grenzflächen der maximalen Anforderungszone

Bei Anforderungsstufe 1 genügt es, nur die Normheizlast zu decken. Dies entspricht den bisherigen Auslegungsgepflogenheiten z.B. nach DIN 4701-3. Bei einer derart niedrigen Anforderung gibt es keine besonderen Bedingungen für die Heizkörperanordnung oder die Abmessungen, auch können die Wassertemperaturen frei gewählt werden – natürlich im Rahmen dessen, was der Wärmeerzeuger zulässt.

Nach Anforderungsstufe 2 wird gezielt ein Teil der Behaglichkeitsdefizite beseitigt, und zwar das Strahlungsdefizit z.B. einer kalten Fensterfläche. Die Raumheizfläche sorgt dafür, dass innerhalb der Anforderungszone die Halbraumstrahlungstemperatur in Richtung der kalten Umfassungsfläche die Auslegungs-Innentemperatur nicht unterschreitet. Dadurch, dass nun eine Bedingung für die Wassertemperatur besteht und diese meist deutlich niedriger ist als für Stufe 1,

lässt sich als eine weitere Funktion eine **Aufheizreserve** herstellen. Mit Anforderungsstufe 3 wird eine vollständige Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite im Sinne der Richtlinie vorgegeben. Alle Funktionen werden gefordert, d.h. in der Anforderungszone dürfen nun keine Behaglichkeitsdefizite auftreten, wie sie diese Richtlinie definiert.

Durch Art und Auslegung lassen sich auch energetische Eigenschaften herstellen. Bei einer klaren Nutzendefinition erkennt man, dass die Art einer Heizfläche und ihrer Regelung sowie ihrer Auslegung einen erheblichen Einfluss auf den Umfang der Energiemenge hat, die über die Nutzenanforderung hinaus dem Raum aufgedrängt wird, also eigentlich vergeudet ist. Die Relation zwischen dem tatsächlichen Aufwand und dem Nutzen wird als Aufwandszahl bezeichnet. Dass erst jetzt die Bedeutung der Aufwandszahlen erkannt wurde, liegt we-

sentlich daran, dass besonders hohe Werte in hochgedämmten Gebäuden auftreten. In der VDI-Richtlinie 2067 Blatt 20 sind Aufwandszahlen für alle relevanten Heizflächen und die zugehörigen Bedingungen für die Planung und Berechnung des Energieaufwands angegeben. Im Gegensatz dazu dienen die Aufwandszahlen nach DIN 4701-10, der maßgeblichen Norm für die Energieeinsparverordnung, lediglich für den baurechtlichen Nachweis.

Die Botschaft der VDI 6030 besteht also darin, dass Raumheizflächen nicht allein auf ihre Leistung ausgelegt werden und die einzige Funktion nur darin besteht, dem Raum Wärme zuzuführen, sondern dass die Raumheizflächen für möglichst viele Funktionen ausgewählt und ausgelegt werden. Es wird dadurch die feste Kopplung zwischen Leistung und Preis aufgebrochen, der Käufer kann aus einem Katalog von Funktionen auswählen, deren Erfüllung je für sich konkret nachweisbar sind. Damit rückt das Preiskriterium in den Hintergrund, Qualität wird plan- und nachweisbar.

Die VDI 6030 Blatt 1 „Auslegung von freien Raumheizflächen – Grundlagen und Auslegung von Raumheizkörpern“ ist im Juli 2002 erschienen. Hierzu wurde in der IKZ-Haustechnik Nr. 23 (2002), Seite 44-52, ein ausführlicher Fachbeitrag veröffentlicht. Außerdem findet zu diesem Thema im Februar 2003 in Karlsruhe eine VDI-Fachtagung statt (Tagungsleitung: Prof. em Dr.-Ing. Heinz Bach).

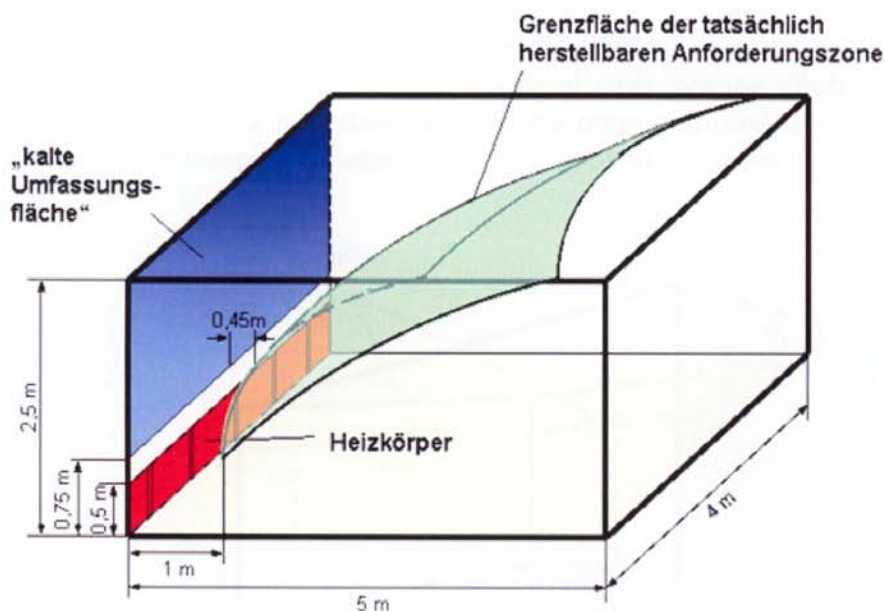


Bild 2: Grenzfläche der tatsächlich herstellbaren Anforderungszone

WIMA – Wissensbasiertes Energiemanagement – eine neue Dienstleistung für mittelständische Unternehmen

Robert F. Grob, Roland Kopetzky*, Fritz Schmidt**

Die effiziente Nutzung von Energie in Gebäuden erfordert ein breites Wissen in verschiedensten Fachgebieten der Gebäudetechnik sowie eine Betrachtung des Gebäudes über seinen gesamten Lebenszyklus (horizontale und vertikale Wissensintegration). Ein erfolgreiches Energiemanagement ist deshalb als übergeordnete Dienstleistung zu den herkömmlichen Aufgaben der Planung und des Betriebs von Gebäuden zu betrachten und durchzuführen. Energiemanagement als Dienstleistung muss dabei sowohl Aufgaben in der Planungs- und Umsetzungsphase eines Gebäudes und seiner Anlagen umfassen als auch Tätigkeiten bei der fortlaufenden Kontrolle und Wartung, durch die ein bedarfsgerechter und energetisch optimierter Betrieb sichergestellt wird.

Bisher wird Energiemanagement von einigen wenigen ausgewählten Großbetrieben als spezialisierte und kostspielige Dienstleistung für ausgesuchte Gebäudekomplexe angeboten. Dabei werden in der Regel Kennzahlen erfasst sowie veraltete Betriebsstrategien überprüft und angepasst. Energiemanagement, das über die Erfassung einiger grober Kennzahlen hinausgeht, ist nahezu völliges „Neuland“. Zudem fehlen bisher systematisch erarbeiteten Strategien für eine lebenszyklusweite Gebäudebetreuung sowie Hilfsmittel, mit denen ein umfassendes und wissenschaftlich fundiertes Energiemanagement für Gebäude aller Art kostengünstig durchgeführt werden kann.

Ziel des Vorhabens WIMA ist es deshalb, ein erweiterbares und durchgängiges Planungs-, Simulations- und Datenmanagementsystem für einen energieeffizienten Betrieb von Gebäuden zur Verfügung zu stellen und zu vertreiben. Mit diesem System wird angestrebt, das Energiemanagement auch von kleineren und mittleren Gebäuden als neue Dienstleistung für mittelständische Unternehmen einzufüh-

ren sowie das Berufsbild eines „Energie-managers“ zu erarbeiten.

Das in WIMA entwickelte Energiemanagementsystem VEC (Visual Energy Center) basiert auf Komponenten, die von den beteiligten Projektpartnern (ennovatis GmbH, IKE – Abteilung Wissensnumerik und IKE – Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik) in den vergangenen Jahren prototypisch entwickelt wurden. Im Bereich des Energiemanagements ist dies das Zentrale Datenerfassungssystem (ZDS) aus dem Projekt REUSE /1/. Aus dem Bereich der Gebäude- und Anla-

gensimulation fließen Berechnungs- und Visualisierungskomponenten wie z.B. nach den Standards VDI 2067 /2, 3/ und EN 832 ein. Zusätzlich zu diesen Komponenten werden Datenschnittstellen zur Verfügung gestellt, über die komplexe Simulationsprogramme für die gekoppelte Gebäude- und Anlagensimulation wie z.B. TRNSYS integriert werden können.

Mit dem Energiemanagementsystem VEC (Bild 1) besteht so erstmals die Möglichkeit, Mess- und Simulationsdaten von Gebäuden

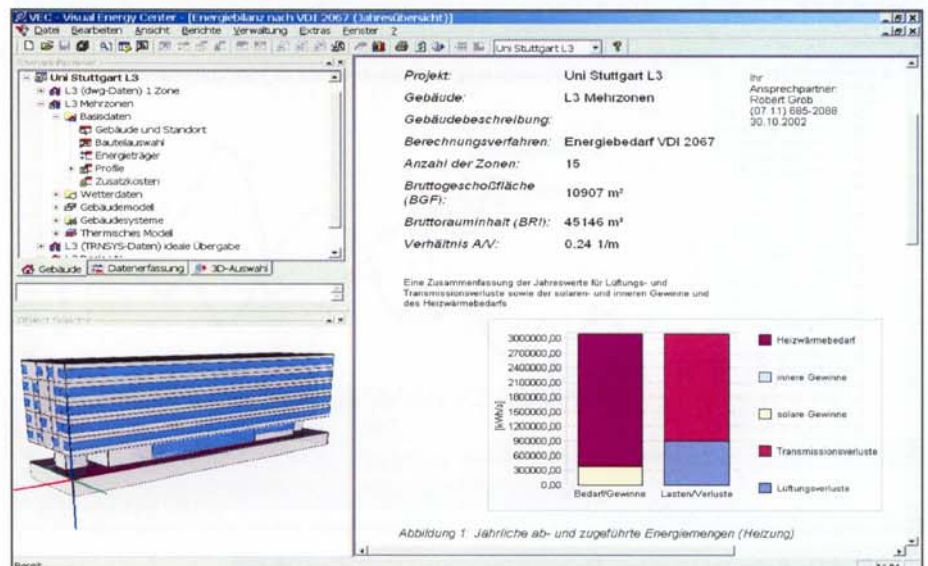


Bild 1: Benutzeroberfläche des Energiemanagementsystems VEC

und Gebäudekomplexen unter einer intuitiven, durchgängigen Benutzeroberfläche zusammenzuführen und so mit begrenztem Aufwand aussagefähige und gesetzlich relevante Berichte und Auswertungen zu erhalten. Das VEC unterstützt dabei verschiedenste Aufgaben des Energiemanagements:

- Energieerfassung und Anlagenüberwachung
- Verursacherbezogene Abrechnung der Energieverbräuche und -kosten
- Soll-/Ist-Vergleich von Verbrauchswerten
- Trendanalyse von Verbräuchen
- Nachweis von erzielten Einsparungen
- Schwachstellenanalyse
- Überprüfung von Investitionsvorhaben
- Erstellen von Energieberichten
- etc.

Um die Praxistauglichkeit des VEC sicherzustellen und nachzuweisen, wird das Energiemanagementsystem im Projekt WIMA an den Demonstrationsobjekten „Hochrheinzentrum für Dienstleistung und Innovation, Bad Säckingen“ (in Zusammenarbeit mit dem Stein-

beis-Transferzentrum Energie-, Umwelt- und Reinraumtechnik STZ EURO) und „Pfaffenwald“ validiert. Im Rahmen der Validierung werden sämtliche verfügbaren Verbrauchsdaten mit Hilfe des VEC erfasst und mit Hilfe von verschiedenen Simulationen ausgewertet. Im Bereich des Campus Pfaffenwald der Universität Stuttgart werden hierzu verschiedene Gebäude, wie Pfaffenwaldring 31 (Gebäude L 3) und 35 (Atrium) im VEC modelliert. Die Verbrauchsdaten der Gebäude werden an den entsprechenden Zählern (Strom, Wärme, Kälte) erfasst und über eine M-Bus-Schnittstelle an das VEC übertragen. Über die Wetterstation des Instituts für Thermodynamik und Wärmetechnik werden zudem die aktuellen Wetterdaten erfasst und in die Datenhaltung des VEC eingebunden. Mit Hilfe der Simulations- und Messdaten wird der laufende Betrieb der betrachteten Gebäude innerhalb des VEC analysiert (Bild 2) und ausgewertet. Aufgrund der Ergebnisse werden Vorschläge für die Optimierung des Betriebs der entsprechenden Gebäude oder auch für die Beseitigung von Fehlern gegeben.

Um das Produkt VEC erfolgreich in

die Praxis einzuführen, werden im Projekt WIMA auch Schulungsmaßnahmen entwickelt und mit Hilfe von potentiellen Anwendern getestet.

Literatur:

- /1/ Schmidt, F. et. al.: Rational Use of Energy at the University of Stuttgart Building Environment, Technischer Abschlußbericht zum Vorhaben BU 343/94 DE. Universität Stuttgart. IKE-Bericht 4 – 151. Stuttgart. 1999.
- /2/ Bauer, M.: Methode zur Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes für die Nutzenübergabe bei Warmwasserheizanlagen. Universität Stuttgart. Dissertation 1999.
- /3/ Reichert, E.: Ein Verfahren zur Bestimmung des Energie- und Stoffaufwands zur Luftbehandlung bei raumluftechnischen Anlagen. Universität Stuttgart. Dissertation 2000.

Weitere Informationen zum Energiemanagementsystem VEC befinden sich im Internet unter <http://www.ennovatis.de>. Die im VEC und im Projekt WIMA eingesetzten Methoden werden im Projekt „Bewahren“ weiterentwickelt. Für Informationen über die im Rahmen dieser Projekte bisher entstandenen Produkte wird auf die folgenden Internetseiten verwiesen:

<http://www.ike.uni-stuttgart.de/bewahren/>

* ennovatis GmbH, Stuttgart

** Universität Stuttgart, IKE-WN

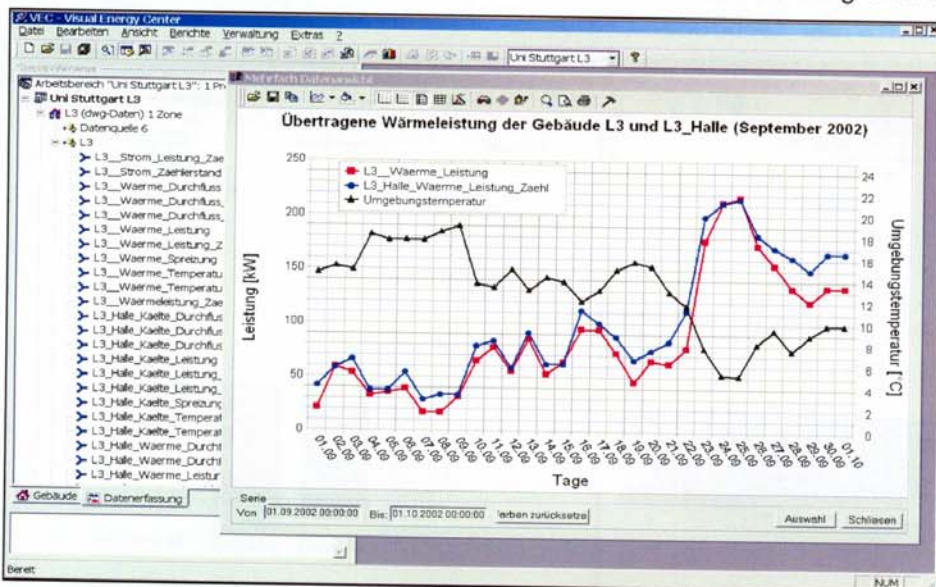


Bild 2: Beispiel für eine Datenauswertung mit dem VEC

EMSLE – Energie Management System für die Stadt Leinfelden-Echterdingen

Konstantinos Stergiaropoulos

Naturgemäß befindet sich ein beachtlicher Teil des Gebäudebestands in der Verwaltung der öffentlichen Hand wie z. B. der Städte und Gemeinden. Die oft unterschiedliche und schwer überschaubare Verbrauchsstruktur der bestehenden Gebäude ist zugleich eine Bürde, aber auch eine Chance für die öffentliche Hand. Konzepte, Maßnahmen und Demonstrationsvorhaben zur Energieeinsparung sind durch die gemeinsame Administration leichter auf eine große Anzahl von Gebäuden umsetzbar als auf dem privaten Sektor. Gleichzeitig sollte die öffentliche Hand als Vorbild und Vorreiter für diesen fungieren.

Mit zunehmender Zahl von Gebäuden und Anlagen steigt die Komplexität dieses Systems an und wird – nicht nur in Bezug auf rationale Energieverwendung – immer schwerer überschaubar. Meist steigt der Energieverbrauch unkontrolliert, und der mit dem Betrieb der Gebäude verbundene personelle und finanzielle Aufwand steigt ebenfalls. Mit dieser oben genannten Problematik konfrontiert, hat die Stadt Leinfelden-Echterdingen den Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik beauftragt, ein Konzept für die Senkung des Energieverbrauchs, der Energiekosten und der Emission von Treibhausgasen der stadt eigenen Gebäude zu entwickeln.

gen bei Ersatz- und Neubeschaffungen im Bereich der Energieversorgung abzugeben. Die Stadt Leinfelden-Echterdingen wird durch das Projekt EMSLE in die Lage versetzt, eine höhere Planungssicherheit ihrer Ausgaben zu erzielen und die notwendigen Maßnahmen in den technischen

Ausschüssen, aber auch den Bürgern der Stadt gegenüber darzustellen und zu vertreten. Die Energieberichte sollen größtenteils automatisiert erstellt werden; Trendanalysen der Verbräuche, Prognosen des Energiebedarfs, Auswertungen und graphische Darstellungen zur Veröffentlichung der

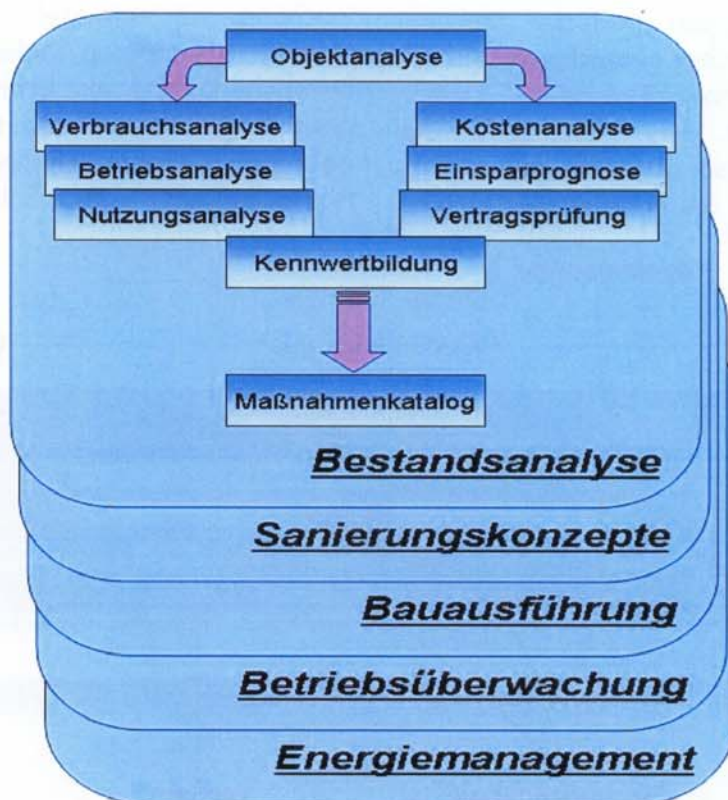


Bild 1: Die fünf Phasen des Projekts EMSLE

Es gilt, ein Energiemanagementsystem aufzubauen, das den Energieverbrauch transparenter werden lässt und Energieeinsparpotentiale zeigt, um Energie und Geld der öffentlichen Hand einzusparen. Das heißt, Betrieb und Verbrauch sollen konsequent am Bedarf orientiert werden, und dabei sollen Fehlfunktionen und Mehrverbräuche erkannt werden. Weitere Ziele sind, das Betriebspersonal und die Verwaltung zu unterstützen und den konzeptionellen Rahmen für zukünftige Investitionsentscheidun-

Verbrauchswerte sollen möglich werden.

Die Gliederung des Projekts ist in Bild 1 dargestellt. Die Bearbeitung ist in fünf Phasen eingeteilt. Mit der ersten Phase der so genannten Bestandsanalyse, wurde Ende 2001 begonnen; sie dauert zurzeit noch an. In dieser Phase wird der Bestand der öffentlichen Gebäude analysiert.

Bei der Bestandsanalyse werden die Ansatzpunkte und Potentiale zur Verbrauchssenkung bestimmt und in einer Liste geordnet. Dazu wird der Bestand der städtischen Gebäude nach deren

- absolutem Verbrauch und absoluten Kosten,
- flächenbezogenem Verbrauch und flächenbezogenen Kosten,
- Komplexität der technischen Anlagen,
- Alter der technischen Anlagen (restliche rechnerische Lebensdauer) und
- Einsparpotential

geordnet. Des Weiteren werden der Betrieb der technischen Anlagen und die Nutzung der Gebäu-

de festgestellt sowie die Energielieferverträge analysiert.

In der Reihenfolge der bei der Bestandsanalyse festgestellten Prioritäten werden für die einzelnen Objekte Konzepte für die Einsparung von Energie erarbeitet. Dabei ist neben der Ausschöpfung der Einsparpotentiale vor allem ein möglichst günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis zu berücksichtigen sowie die Umsetzungsdauer zu beachten. Für die einzelnen Objekte werden die erarbeiteten Einzelmaßnahmen in einem Maßnahmenkatalog, geordnet nach der Wirtschaftlichkeit und Umsetzungsdauer, zusammengefasst.

Es ist bekannt, dass nach energetischen Sanierungsmaßnahmen mittelfristig die erreichte Einsparung nur erhalten bleibt, wenn das Verbrauchsniveau überwacht wird. Hierzu ist ein Konzept der zentralen Betriebs- und Verbrauchsüberwachung zu entwickeln. Damit werden letztlich eine laufende Überwachung und ein kontinuierlicher Vergleich mit Sollwerten angestrebt. Verbrauchssteigernde Abweichungen vom Sollbetrieb

werden frühzeitig erkannt bevor hieraus wesentliche Mehrkosten entstehen.

Die Nutzung der Gebäude ist maßgebend für deren Energiebedarf und Energieverbrauch. Um die energetische Qualität von Einzelgebäuden grob einordnen und mit anderen Gebäuden vergleichen zu können, werden Nutzungsgrundtypen definiert. Ein weiterer Vorteil dieser Einteilung ist die Möglichkeit, den Verbrauch dem Nutzer bzw. Verursacher zuzuordnen.

Um ein Objekt beschreiben und katalogisieren zu können, werden die notwendigen Parameter festgelegt. Diese sind nicht nur ausschließlich zur energetischen Charakterisierung, sondern auch zur eindeutigen Identifizierung des Objekts notwendig. Die Parameter bzw. Daten werden in drei Gruppen eingeteilt:

- Stammdaten
- Verbrauchs- und Abrechnungsdaten
- Anlagendaten

Die Stammdaten des Objekts ermöglichen seine eindeutige Identi-

The screenshot shows a data entry form with the following fields and values:

Objekt-Hr	2.3	Gebäudekomplex	Goldwiesenschule Echterdingen	Gebäude	
Nutzer		Nutzung	Schule	Adresse	Hainbuchenweg 1
NGF	3982	BGF	4392	BRI	16636
Baujahr	1968	Ansprechperson	Hr. Mollenbrey		7945530-21

The 'Bemerkung' field contains the text: 'Gebäudebeschreibung, Flächen in Goldwiesenschule Echterdingen.xls; Stammdatenblatt vorhanden; Ausbau 1975'

Labels and arrows pointing to fields:

- Objektnummer (points to Objekt-Hr)
- Nutzer (points to Nutzer field)
- Gebäudekomplex (points to Gebäudekomplex)
- Gebäude (points to Gebäude)
- Adresse (points to Adresse)
- Flächenangaben (points to NGF, BGF, BRI)
- Baujahr (points to Baujahr)
- Ansprechperson (points to Ansprechperson)

Bild 2: Die Benutzeroberfläche der Datenbank zur Eingabe der Stammdaten

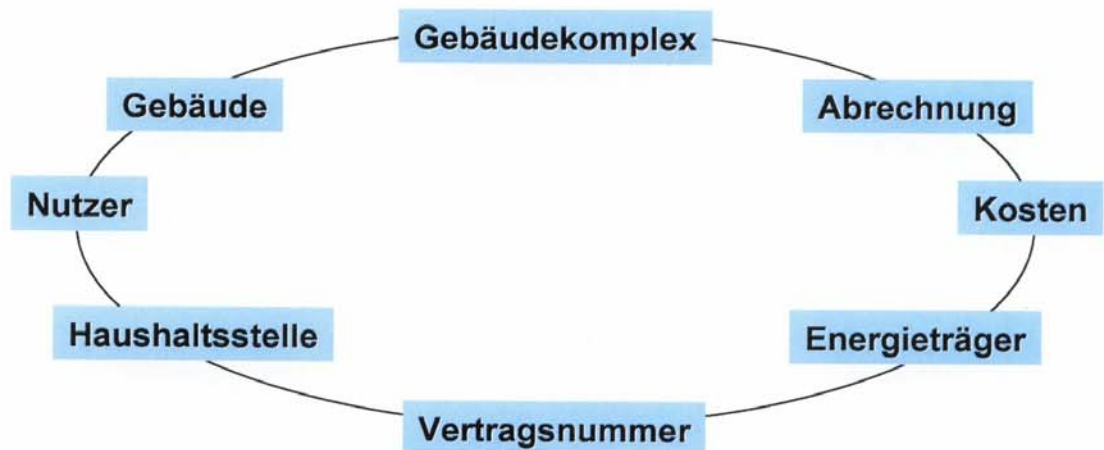
fizierung, eine örtliche Lokalisierung (z.B. zu einem Versorgungskomplex), eine Feststellung der verwalteten Fläche und Alterseinteilung des Bauwerks. Weiterhin ist die Zuordnung zu einem Nutzungsgrundtyp Bestandteil der Stammdaten. Zur besseren Handhabung, Archivierung etc. wird innerhalb des Projekts EMSLE eine relationale Datenbank in MS Access 2002 entwickelt. In Bild 2 ist die Benutzeroberfläche zur Eingabe der Stammdaten abgebildet. Die Verbrauchs- und Abrechnungsdaten der Objekte sind eine weitere Gruppe von Daten, die mit der Datenbank verwaltet werden. Durch die Aufnahme der Vertrags-

nummern und der Haushaltsstellen in die Datenbank (Bild 3) ist eine Zuordnung von Nutzer, Haushaltsstelle, Vertragsnummer, Energieträger, Kosten und eine Abrechnung dieser Kosten möglich.

Nach Aufbau der oben beschriebenen Systematik wird die vorhandene Datenlage gesichtet. Als Datenquellen werden Pläne, Schemata, Verbrauchsabrechnungen und die GEOSYS-Datenbank der Stadt Leinfelden-Echterdingen genutzt.

Die erhobenen Daten werden in Gesprächen mit den Mitarbeitern der Stadtwerke verifiziert. Bei unvollständiger Datenlage werden

die Baugesuche der Objekte herangezogen. Falls die gewünschten Daten nicht vollständig vorliegen, wird den Ansprechpersonen der Objekte ein Fragebogen zugesandt. Bei den identifizierten Großverbrauchern werden zusätzlich Begehungen durchgeführt. Anfang 2003 wird die Bestandsanalyse abgeschlossen sein. Bis dahin sind die Energielieferverträge zu prüfen. Aus den Erkenntnissen der Bestandsanalyse wird eine Prioritätenliste der Maßnahmen zur konkreten Erschließung der Energieinsparpotentiale erstellt.



Vertragsnummern und Haushaltsstellen			
Energieträger	Vertragsnummer	Nutzung	Bemerkung
Öl		Heizung	Öl
Strom	2101-2144	Allgemein	Stromkosten 92,20%
*			

Bild 3: Die Benutzeroberfläche der Datenbank zur Eingabe der Verbrauchs- und Abrechnungsdaten

BOLKA - Verfahren zur energetischen Bewertung von Luftverteilsystemen

Fred Kolarik

Bei der Planung und Auslegung von RLT-Anlagen stand in der Vergangenheit hauptsächlich die Deckung des jeweiligen maximalen Heiz- und Kühlbedarfs im Vordergrund. Gegenwärtig wird jedoch mehr und mehr auch der zu erwartende Jahresenergieaufwand der Anlage berücksichtigt, sofern dieser bekannt ist oder auf einfache Weise ermittelt werden kann. Da bei RLT-Anlagen ein Großteil der Energie für die Luftverteilung benötigt wird, wäre ein Verfahren, mit dem verschiedene Luftverteilsysteme beurteilt werden können, bei der Planung äußerst hilfreich. Untersuchungen zeigen, dass der Anteil des Lufttransports an den bedarfsgebundenen Kosten je

nach Anlagenaufbau 25 bis 90% beträgt. Es gibt zurzeit jedoch kein geeignetes Verfahren, mit dem der Jahresenergieaufwand für die Luftverteilung unter Berücksichtigung von instationären strömungstechnischen und thermischen Vorgängen berechnet werden kann. Die Energieeffizienz einer RLT-Anlage kann somit derzeit mangels geeigneter Berechnungs- und Bewertungsverfahren in der Planungsphase nicht umfassend beurteilt werden.

Seit Mai 2002 bearbeitet der Lehrstuhl für Heiz- und Raumluftechnik in Zusammenarbeit mit dem Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung (ITT) der TU Dresden ein vom Bundes-

ministerium für Wirtschaft und Arbeit über die AiF* und dem Verein der Förderer der Forschung im Bereich HLK gefördertes Forschungsvorhaben, um ein derartiges Bewertungsverfahren bereitzustellen. Der Ansatz hierzu basiert auf der für die Heiztechnik entwickelten und auf den Bereich der Raumluftechnik erweiterten Theorie der Bedarfsentwicklung mit den Systembereichen Nutzenübergabe, Verteilung und Erzeugung. Der Systembereich Nutzenübergabe lässt sich entsprechend Bild 1 in Richtung der Bedarfsentwicklung wiederum in folgende leicht abgrenzbaren Untersysteme unterteilen:

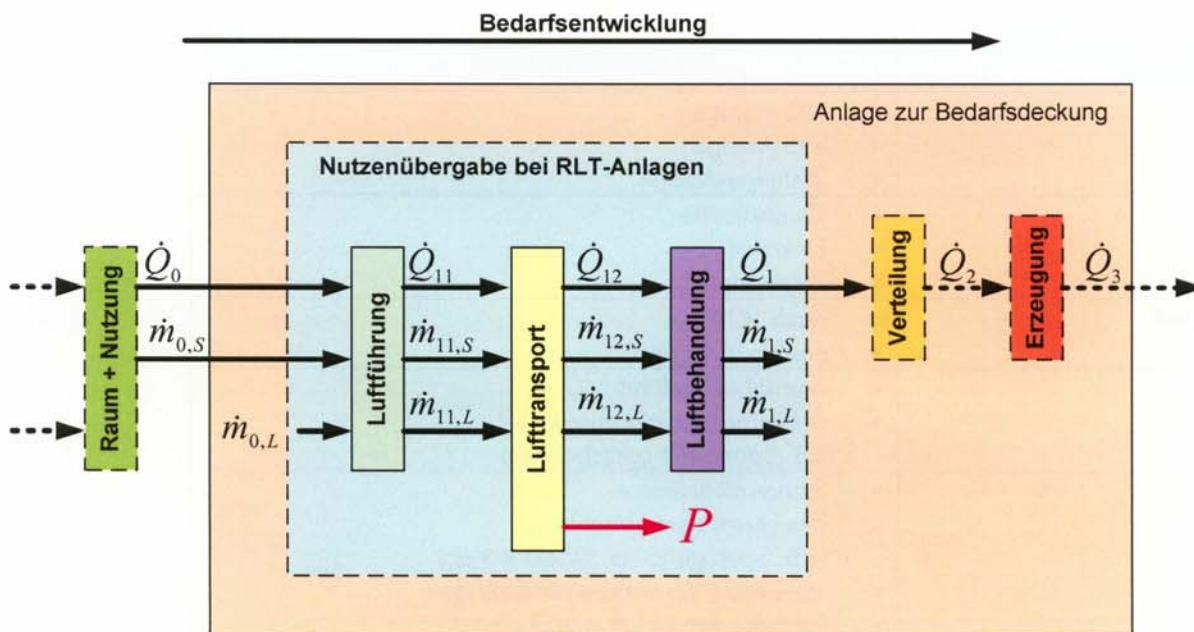


Bild 1: Untersysteme der Nutzenübergabe bei RLT-Anlagen nach der Bedarfsentwicklungs-Methode

- Luftführung (Luftdurchlass, Erfassungseinrichtungen etc.)
- Luftverteilung (Ventilator, Luftkanal, Luftklappe etc.)
- Luftbehandlung (Kühler, Erwärmer, Befeuchter, Filter etc.)

Die Aufwandswerte

$$\dot{Q}_{11}, \dot{m}_{11,S} \text{ und } \dot{m}_{11,L}$$

der Luftführung geben dabei den Bedarf des sich anschließenden Systembereichs Luftverteilung vor. Im Teilbereich Luftverteilung entsteht ein thermischer Energieaufwand für die Wärmeabgabe und die Leckageverluste, ein elektrischer Energieaufwand für die Luftförderung durch Ventilatoren. Ziel des Vorhabens ist es, mit Hilfe der Gebäude- und Anlagensimulation Bewertungszahlen für Luftverteilsys-

teme zu erhalten. Die Bewertungszahlen werden in das Rechenverfahren der VDI 2067 integriert. Zudem werden die Einflüsse von verschiedenen Komponenten innerhalb von Luftverteilsystemen auf den Energieaufwand untersucht. Dabei werden insbesondere die folgenden Komponenten und Bereiche berücksichtigt:

- Luftfördereinrichtungen,
- Kanalnetze einschließlich Baugruppen zur Luftaufbereitung,
- Volumenstromregler und Luftdurchlässe,
- Regelstrategien und
- Nutzenanforderungen.

Für typische Anwendungsfälle werden Beispiele ausgearbeitet und mit Hilfe des Verfahrens bewertet. In Tabelle 1 sind mögliche Varianten

aufgeführt. Die Varianten werden dabei jeweils mit einem idealisierten Verteilsystem verglichen. Darüber hinaus werden auch für innovative Lösungen wie z.B. die dezentrale, strangweise Luftförderung Kennzahlen berechnet. Die Ergebnisse werden für ausgesuchte Fälle in einem Nachschlagewerk für verschiedene Arten von RLT-Anlagen tabelliert, das Planern und ausführenden Firmen zugänglich gemacht wird. Dadurch wird die Möglichkeit geschaffen, für ausgesuchte Fälle Alternativlösungen bereits in einer frühen Planungsphase energetisch bewerten zu können.

* AiF: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V.

Tabelle 1: Mögliche Varianten bei Luftverteilsystemen

Einflussgröße/ Komponente	Varianten
Anlagentyp	<ul style="list-style-type: none"> • KVS-Anlage • VS-Anlage • 2-stufige-Anlage
Luftkanal	<ul style="list-style-type: none"> • Querschnitte • Einkanal • Zweikanal
Luftgeschwindigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • hoch < 14m/s • niedrig < 8m/s
Einzelwiderstände	<ul style="list-style-type: none"> • normal ausgeführt • strömungsgünstig ausgeführt (z.B. Bogen mit Leitschaukeln)
Ventilator	<ul style="list-style-type: none"> • Standardventilator • Energieeffiziente Ventilator (z.B. Spiralgehäuse, Direktantrieb) • dezentrale Ventilatoren in Strängen • Fortluft- statt Abluftventilatoren
Regelung	<ul style="list-style-type: none"> • konstanter Druck am Ventilator • konstanter Druck 1/3 vor Ende des Kanalnetzes • nach Signalen der Volumenstromregler

INNOREG - Entwicklung eines innovativen Gesamtkonzeptes mit energiesparender Raumklimatechnik für die regenerative Wärme- und Kälteerzeugung

Michael Bauer, Markus Treiber

Gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt wird seit dem 01.06.2002 in Zusammenarbeit mit der DS-Plan GmbH ein Forschungsprojekt bearbeitet, bei dem der Einsatz energiesparender Raumklimatechnik in Kombination mit regenerativer Wärme- und Kälteerzeugung im Vordergrund steht. Die Planungsergebnisse zeigen, dass ein Heizenergiebedarf von 24 kWh/m²/a erreichbar ist. Dieser Wert liegt gemäß den Auflagen der Stadt Stuttgart 33 % unter den Werten der Wärmeschutzverordnung von 1995.



Bild 1: Neubau der Firmenzentrale der Drees & Sommer AG und DS-Plan GmbH Stuttgart *

Bei dem zukünftigen, erhöhten Wärmeschutz von Gebäuden werden zunehmend Heiz- und Kühlflächensysteme interessant, die im Heizfall mit geringen Übertemperaturen sowie im Kühlfall mit geringen Untertemperaturen betrieben werden können. Dazu gehört neben den bekannten Systemen (z.B. Fußbodenheizung) die Aktivierung von gebäudeinneren Speichermassen. Durch die hierbei möglichen Betriebstemperaturen wird der Einsatz von regenerativer Wärme- und Kälteerzeugung deut-

lich verbessert, wodurch der Primärenergieeinsatz zum Heizen und Kühlen drastisch verringert werden kann. Bei dem zu untersuchenden Objekt ist hierfür eine Erdsondenanlage mit elektrisch angetriebener Wärmepumpe eingesetzt. Voraussetzung für die Planung derartiger energiesparender Raumklimasysteme ist jedoch, dass das dynamische Verhalten der oftmals bauteilintegrierten Heiz- bzw. Kühlflächen richtig berechnet und bewertet werden kann. Im Forschungsvorhaben wird dazu das Simulations-

werkzeug TRNSYS soweit ergänzt, dass die verschiedenen Möglichkeiten zur Nutzenübergabe, also die bedarfsgerechte Wärmeabgabe im Heizfall bzw. Wärmeaufnahme im Kühlfall, richtig abgebildet werden kann. Als Eingabewerte sind die Gebäudedaten, die klimatischen Randbedingungen, die gewünschten Anforderungen, die Nutzung sowie das Betriebsführungskonzept vorzugeben. Als Ausgabe stehen die Energiebedarfswerte sowie die Kennzahlen über die Behaglichkeit im Raum

und zur Umweltrelevanz zur Verfügung (Bild 2).

Im Neubau des Projektpartners werden drei verschiedene Flächenheiz- bzw. Kühlsysteme eingebaut. Neben den bauteilintegrierten und den frei umströmten, thermisch aktivierten Flächen kommt in den Bürozonenn erstma eine Kombination aus Bauteiltemperierung und einer oberflächen nah wirkenden so genannten Randstreifenbeheizung zum Einsatz. Diese Randstreifen temperierung soll als Kombination zu der

bedarfsgerechte Leistungsanpassung an wechselnde Lastbedingungen ermöglichen. Dieses neuartige System wird zum ersten Mal in einem Bürogebäude umgesetzt. Ganzheitlich betrachtet, ermöglicht diese Systemkombination den Einsatz von sehr niedrigen Betriebstemperaturen im Heizfall und relativ hohen Betriebstemperaturen im Kühlfall, was wiederum optimal für die regenerative Wärme- und Kälteerzeugung ist.

Als Wärme- bzw. Kältequelle wird das Erdreich genutzt. Insgesamt

quellentemperatur von ca. 10 °C. Über die Elektro-Wärmepumpe wird das Temperaturniveau auf die maximale Betriebstemperatur von 32 °C erhöht. Aufgrund der niedrigen Betriebstemperatur erreicht die Wärmepumpe eine Arbeitszahl von ca. 4,5. Somit ist trotz einem für Strom anzusetzenden Primärenergiefaktor von 2,7 eine im Vergleich zum herkömmlichen Heizkessel deutlich umweltschonendere Wärmeerzeugung möglich. Im Kühlfall wird die Kälte direkt aus den Erdsonden entnommen. So ist nur noch der elektrische Strom für die Förderung des Wasserstroms erforderlich.

* PSK'A Architekten, Stuttgart



Bild 2: Ein- und Ausgabegrößen der Simulation

stark speicherbehafteten Bauteiltemperierung eine schnelle, be-

sorgen 18 Erdsonden mit 55 m Tiefe im Heizfall für eine Wärme-

Literatur:

/1/ Oesterle, E.; Koenigsdorff, R.: Thermische Aktivierung von Bauteilen zum Heizen und Kühlen von Gewerbebauten, HLH Bd 50 (1999), Heft Nr. 1

/2/ Bauer, M.: Methode zur Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes für die Nutzenübergabe bei Warmwasserheizungen, Dissertation, Mitteilung Nr. 3, Universität Stuttgart, IKE, Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik, 1999

/3/ Beck, Chr.: Thermisches Verhalten von Kühldecken, Mitteilung Nr. 9, Universität Stuttgart, IKE, Lehrstuhl für Heiz- und Raumlufttechnik, 2002

Schichtlüftung in Messehallen

Michael Bauer und Christoph Beck

Die Planungen für die Landesmesse in Stuttgart¹ sehen 100.000 m² Ausstellungsfläche, verteilt auf sieben Standardhallen, eine Hochhalle und ein Kongresszentrum vor. Die Ausstellungsflächen weisen hierbei Raumhöhen zwischen 15 und 28 m auf und werden vorwiegend durch einstöckige bzw. maximal zweistöckige Messestände mit einer Höhe von bis zu 6 m genutzt. Im Rahmen der Systemplanung wurde daher von DS-Plan Stuttgart untersucht, inwieweit durch ein Schichtlüftungskonzept die Zuluftmengen zum Lüften, Heizen und Kühlen der Ausstellungsflächen reduziert werden können, ohne dass die Behaglichkeitsanforderungen im Aufenthaltsbereich im Vergleich zu ähnlichen Messen verändert werden. Hierbei wurde aufgezeigt, dass der flächenbezogene Zuluftstrom von ca. 36 m³/h m² auf ca. 22 bis 24 m³/h m² reduziert werden kann, was bezogen auf die gesamte Ausstellungsfläche eine Reduzierung des Zuluftstroms von ca. 1.000.000 m³/h bedeutet. Die hierbei möglichen Investitions- und Betriebskosteneinsparungen sind erheblich.

Die Anwendung der Schichtlüftung in Messehallen ist bisher nicht Stand der Technik. Es finden sich kaum Referenzobjekte und somit auch nur wenig Erfahrungswerte. Im Rahmen der Systemplanung wurden daher intensive Gespräche mit Messebetreibern geführt, um die Auswirkungen einer Schichtlüftungskonzeption auf den Messebetrieb zu analysieren.

Im Rahmen der weiteren Entwurfsplanung wurden darauf aufbauend von einem Stuttgarter Ingenieurbü-

ro² Strömungssimulationen erstellt, mit denen die Auslegungsansätze der Lüftungskonzeption für die Entwurfsplanung im Hinblick auf tatsächliche Messeaufbauten konkretisiert wurden. Als vorläufiger Abschluss dieser Studien, sind jetzt von der FGHLK in enger Zusammenarbeit mit DS-Plan sowie der Messegesellschaft experimentelle Untersuchungen zum Strömungsverhalten durchgeführt worden, deren Ergebnisse hier vorgestellt werden.

Aufgabenstellung und Ziel

Die Planung der neuen Messe sieht bei der Belüftung der Hallen das Konzept der Schichtlüftung vor. Die Messehallen mit einer Grundfläche von jeweils ca. 10.000 m² sollen von der Seite mittels Zuluftzufuhr über großflächige Luftdurchlässe belüftet werden. Nachdem der Großteil der Hallenfläche für den Aufbau von Messeständen vorgesehen ist, kann die Zuluft nur im Bereich der Eingänge (Tore) eingebracht werden. Die Zuluft kann sich dann

über die an die Eingänge jeweils anschließenden Verkehrswege in die Hallentiefe ausbreiten. Aufgrund der hohen Luftströme, der besonderen Einbausituation und der begrenzten Bereiche für die Luftausbreitung können keine Standard-Luftdurchlässe verwendet werden.

Für die Luftzufuhr sind Zuluftleinheiten zu entwickeln, die sowohl vom Aufbau an die räumlichen Gegebenheiten als auch hinsichtlich des sich ergebenden Strömungsfeldes und der charakteristischen Kenngrößen der Zuluftströmung (Untertemperatur, Luftgeschwindigkeit) optimal an die vorgegebenen Randbedingungen angepasst sind. Insbesondere sollen sich in den zur Luftausbreitung verfügbaren Verkehrsbereichen bei Zufuhr der erforderlichen Luftströme und bei Erzielung einer guten Tiefenwirkung möglichst behagliche Luftzustände einstellen.

Die Untersuchungen werden in zwei Stufen durchgeführt. Zunächst werden die entwickelten Zuluftleinheiten im Raumlüftungs-labor

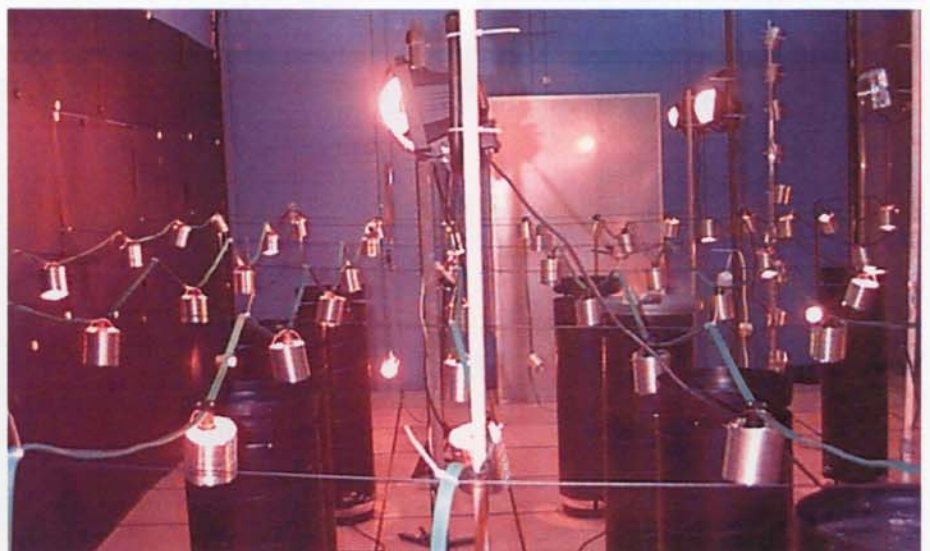


Bild 1: Versuchsanordnung im Raumlüftungs-labor

HLK Stuttgart auf ihre Eigenschaften (Luftverteilung, Druckabfall, Strahlausbildung usw.) hin untersucht. Hierfür wird die Einbausituation im verkleinerten Maßstab (1:5) nachgebildet (Bild 1). Im zweiten Schritt werden Messungen mit Komponenten in Originalgröße mit den Auslegungsluftströmen in einer bestehenden Halle der alten Messe Killesberg durchgeführt. Diese Feldmessungen sollen zeigen, ob und ggf. mit welchen Einschränkungen das angedachte Lüftungskonzept realisiert werden kann.

Untersuchungen im Raumluf-Strömungslabor

Bild 1 zeigt die Versuchsanordnung Labor. Im Hintergrund erkennbar ist der Luftdurchlass (Höhe = Originalhöhe = 2,2 m; Breite = 1/5 der vorgesehenen Breite = 1,125 m). Die Luft wird von unten zugeführt. Dies entspricht der späteren Einbausituation dezentraler Versorgungsraum unterhalb des Hallenbodens). Im Vordergrund sind die verschiedenen Wärmequellen zu erkennen. Insgesamt beträgt die Kühllast 85 W/m^2 bezogen auf die Hallenfläche. Die Wärmequellen selbst sind in verschiedenen Höhen angeordnet. Bei der Auswahl und Gestaltung werden die Annahmen und Vorgaben einer Messeplanung berücksichtigt, soweit dies in einem Laborversuch möglich ist.

Bild 2 zeigt eine Bilder-Sequenz, bei der die Zuluft aus dem Luftdurchlass (linke Seite) mit Nebel markiert ist. Sehr gut zu sehen ist, wie die Zuluft auf der gesamten Höhe ausströmt und nach ca. 2 – 3 m nach unten abgelenkt wird. Ursache ist die gegenüber der Raumtemperatur niedrigere Zulufttemperatur (Zuluft: $20 \text{ }^\circ\text{C}$; Raumtemperatur: $24 \text{ }^\circ\text{C}$). Im unteren Bild erkennt man die Zuluftschicht



Bild 2: Zuluft aus Luftdurchlass mit Nebel markiert

als mit Nebel markierter Bereich. Die Höhe dieser „sauberen“ Luftschicht beträgt im Laborversuch ca. 2,5 m. Durch Variation des Zuluftstroms bzw. der Wärmelasten kann die Höhe der Zuluftschicht beeinflusst und somit kontrolliert eingestellt werden.

Die thermische Behaglichkeit kann

trotz der hohen Wärmelasten im Aufenthaltsbereich sichergestellt werden. Die Lufttemperaturen liegen im Bereich von 4 bis 5K oberhalb der gewählten Zulufttemperatur. Im Beispiel beträgt der Zuluftstrom $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$ (Nennluftstrom nach Auslegung). Die Zulufttemperatur liegt bei 21°C . Die Messwerte der Lufttemperaturen an verschiedenen Raumpunkten zeigen auffällig geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Messorten. Dies zeigt die gute Verteilung der Zuluft im Aufenthaltsbereich.

Untersuchungen im Feldversuch

Die Bilder 3 und 4 zeigen den Aufbau des Feldversuchs in Halle 14 der Messe Killesberg. Mit einem Umluftkühlgerät wird Luft aus dem Deckenbereich angesaugt, gekühlt und in den Bodenkanal geführt. In diesem strömt die Zuluft ($15.000 \text{ m}^3/\text{h}$) über eine Länge von ca. 20 m zum Luftdurchlass (Bild 3). Dieser ist modular aufgebaut (je 5 Elemente) und hat eine Fläche von ca. $12,6 \text{ m}^2$ (Breite: $5 \times 1,125 \text{ m}$; Höhe: $2,25 \text{ m}$). Die theoretische Austrittsgeschwindigkeit ohne Berücksichtigung des freien Querschnitts oder eventueller Strahlverengungen liegt bei ca. $0,35 \text{ m/s}$. Die Messeaufbauten sowie die Kühllasten werden ent-

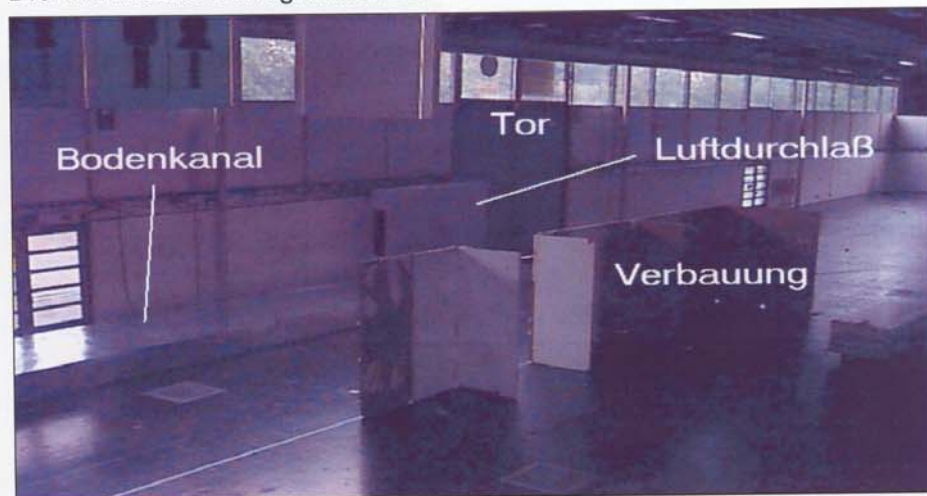


Bild 3: Versuchsaufbau Feldmessungen/Messehalle

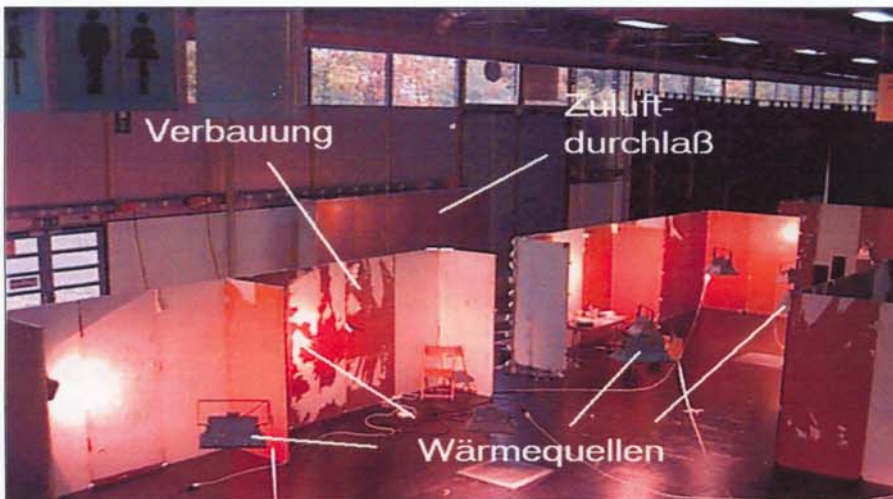


Bild 4: Versuchsaufbau Feldmessungen/Messehalle

sprechend den Vorgaben nachgestellt. Aus der bisherigen Belegungsplanung der Hallen sowie bedingt durch die erforderlichen Fluchtwege, ist ein Gang mit 4m Breite in Längsrichtung der Halle vor den Luftdurchlässen vorgesehen. Im Anschluss an diesen folgen dann die ersten Messestände, welche - im strömungstechnisch ungünstigeren Fall - die Rückseiten zum Luftdurchlass gewendet haben. Für diesen Fall muss die Zuluft durch die verbleibenden Wege strömen. Die Verbauung wird im Rahmen der Untersuchungen variiert (z.B. offener Bebauung, Messestände gedreht zum Luftdurchlass; Bild 4).

Die Kühllasten werden wie bereits in den Laboruntersuchungen über Lichtquellen freigesetzt. Insgesamt beträgt die Fläche des Feldversuchs ca. 600 m² (ca. 1/16 der Fläche einer Standardhalle). Die Gesamtkühllast beträgt ca. 55 kW (ca. 85 W/m²).

Bild 5 zeigt das Ausströmen der Zuluft aus dem Durchlass. Gut zu erkennen ist die gleichmäßige Strömung sowie die nur schwach ausgebildete Ablenkung des Strahls nach unten. Entgegen der ursprünglichen Befürchtung fällt der Luftstrom nur allmählich aus

der Höhe herunter und beschleunigt sich nur unwesentlich. Ursache hierfür ist, dass die Untertemperatur der Zuluft gegenüber dem Hallenbereich unmittelbar vor den Luftdurchlässen mit 1 bis 2 K relativ gering ist. Die Dichteunterschiede fallen sehr moderat aus.

Die Darstellung im Bild 5 zeigt darüber hinaus die Verhältnisse für den ungünstigsten Fall mit einer Zulufttemperatur von 18°C. Bei erhöhter Zulufttemperatur strömt die Zuluft weitgehend horizontal aus dem Luftdurchlass aus.

Es werden wiederum an verschiedenen Messorten - verteilt über die gesamte Hallenfläche Temperaturen und Geschwindigkeiten gemessen. Insbesondere auch im Nahfeld vor den Luftdurchlässen sowie an den entlegenen Stellen in der Halle. Auf diese Weise sollen die beiden wesentlichen Bedenken bezüglich des Lüftungskonzepts überprüft werden. Einerseits wird befürchtet, dass zu hohe Geschwindigkeiten in der Nähe der Luftdurchlässe und daher Einschränkungen bei der thermischen Behaglichkeit in diesen Hallenbereichen auftreten. Andererseits wird befürchtet, dass die zugeführte Luft nicht in alle Hallenbereich strömt



Bild 5: Ausströmen der Zuluft aus dem Luftdurchlass

und somit die entlegenen Orte ohne ausreichende Frischluftversorgung sind.

Bild 6 zeigt die gemessenen Lufttemperaturen im Aufenthaltsbereich an verschiedenen Messstellen.

Deutlich erkennbar sind die Temperaturunterschiede zwischen den Messorten sowie die geringen Temperaturgradienten über der Raumhöhe. Ersteres wird durch die Art der Wärmefreisetzung sowie den Ort bestimmt. So ist z.B. zu erkennen, dass die Lufttemperatur in der Nähe der Luftdurchlässe zunächst nahe bei der Zulufttemperatur liegt. Dies begünstigt die Ausströmung aus dem Luftdurchlass; es ergeben sich nur geringe Dichteunterschiede und somit auch nur eine geringe Fallbeschleunigung aus den Luftdurchlässen.

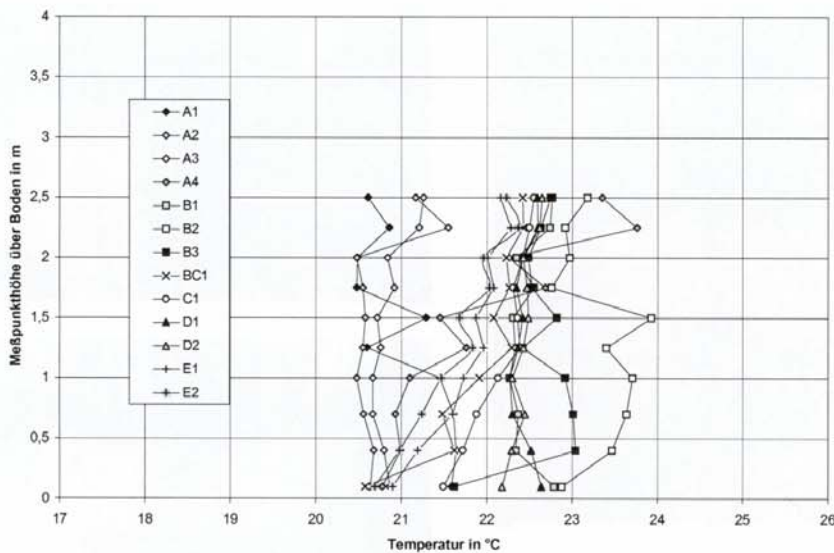


Bild 6: Verlauf der Lufttemperatur im Raum (Zulufttemperatur: 20°C, Luftstrom 15.000 m³/h)

Der zweite Aspekt kann mit den Werten aus Bild 6 sowie mit Bild 4 erläutert werden. Die Messorte A liegen in Strömungsrichtung vor der ersten Reihe der Verbauungen und somit im direkten Wirkungsbereich der Zuluft. Die Messorte B und C hingegen liegen im Inneren der Verbauungen. Dort wird ein Großteil der Wärme freigesetzt. Dadurch erwärmen sich die Luftschichten im Inneren stärker. Der gemessene, örtliche Wert liegt ca. 4 K oberhalb der Zulufttemperatur. Für die Luftgeschwindigkeiten er-

geben sich fast überall Werte unterhalb der kritischen Grenze von 0,2 m/s. Lediglich im Nahfeld um den Luftdurchlass herum sowie im Bodenbereich in den Gängen konnten höhere Werte gemessen werden.

Bild 7 zeigt nun abschließend die Darstellung der 2 Luftschichten. Gut erkennbar ist die geradezu schulmäßige Schichtung in der Halle. Die Abluftzone ist mit Rauch belastet, die Zuluftzone bleibt rauchfrei. Für den Nutzer bedeutet dies, dass er innerhalb der Aufent-

haltszone mit einer sehr guten Luftqualität (geringe Stoffbelastung) rechnen kann.

Die Wärmebelastung ist ebenfalls gering. Berechnet man aus den gemessenen Temperaturen (Bild 6) sowie den Zu- und Ablufttemperaturen die örtlichen Belastungsgrade, so liegen diese bei ca. 0,5. Zum Vergleich sei an dieser Stelle erwähnt, dass im Falle einer idealen Mischlüftung die Belastungsgrade bei 1 liegen.

Für die Belastung durch Stoffe (Geruchsstoffe oder ähnliches) liegen diese Werte noch günstiger. Ursache hierfür ist die ausschließlich konvektive Freisetzung von Stoffströmen gegenüber den teilweise durch Strahlung freigesetzten Wärmeströmen.

Fazit

Auch in Messehallen lässt sich bei konsequenter Umsetzung das Prinzip der Schichtlüftung darstellen. Die Hallen sind thermisch kontrollierbar und weitgehend behaglich. Lediglich im Nahfeld um die großflächigen Luftdurchlässe finden sich erhöhte Werte für die Luftgeschwindigkeit mit eventuellen Zugerscheinungen im Verkehrs-bereich. Dagegen stehen drastische Kosteneinsparungen durch die wesentlich geringeren Luftströme.



Bild 7: Visualisierung der beiden Luftschichten in der Halle mit Rauch (Zulufttemperatur: 20°C, Luftstrom 15.000m³/h)

¹ Architekt Wulf & Partner, Stuttgart

² Ingenieurgesellschaft Höpfner mbH, Stuttgart

Prüfung von Kunststoffrohren

Christoph Beck

Seit einigen Monaten ist die Prüfstelle HLK Stuttgart eine vom DIN zugelassene Prüfstelle für die Prüfung von Heizrohren und Systemen (Rohr plus Verbinder) aus Kunststoff. Die zugehörigen Normen und Richtlinien (u.a. DIN 4721, 4724, 4726, DIN EN 12202, 12318, 12319, DVGW W 534 und W 542) beschreiben neben den Prüfungen am Rohr selbst seit einiger Zeit auch die Prüfungen am gesamten System. Insbesondere die Gebrauchstauglichkeit der Verbindungen und Rohrleitungen wird dabei untersucht. Im Einzelnen sind dies:

- Innendruckprüfung
- Biegeprüfung
- Auszugsprüfung
- Temperaturwechselprüfung
- Druckwechselprüfung
- Vakuumprüfung

Ein ganz wesentlicher – weil zeit-
aufwendiger Teil – des Prüfverfah-

rens ist der Temperaturwechselversuch. Hier wurden nun die Voraussetzungen für die Prüfung deutlich verbessert. Ein moderner, automatisierter Versuchstand wurde errichtet und in Betrieb genommen (Bild 1). Zurzeit werden die erforderlichen Untersuchungen zur Überprüfung der Reproduzierbarkeit und Genauigkeit durchgeführt. Interne und externe Vergleichsmessungen laufen parallel hierzu.

Das Prüfverfahren sieht vor, dass die Prüflinge 5000 Zyklen durchlaufen müssen, in denen sie wechselweise von heißem bzw. kaltem Wasser durchströmt werden. Je nach Anwendungsklasse des Systems variieren die maximale Betriebstemperatur und die Prüftemperatur. Für höchste Ansprüche (z.B. Heizkörperanbindung) werden die Rohre und Verbinder mit einer Prüftemperatur von 95°C getestet.



Bild 1: Prüfstand für Kunststoffrohre und Verbinder nach DVGW und DIN

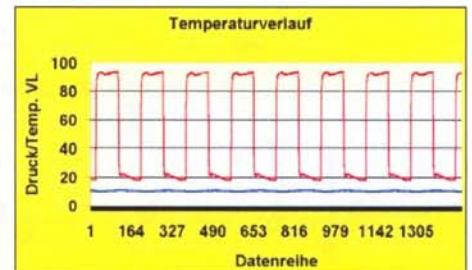


Bild 2: Verlauf der Prüftemperatur (5000 Zyklen)

Die Zyklusdauer ist mit 2 x 15 Minuten festgelegt (Bild 2). Die Gesamtdauer der Temperaturwechselprüfung liegt somit bei über 100 Tagen.

Der neue Prüfstand enthält Schichtspeicher sowie die erforderlichen Einrichtungen zur Entnahme und Nachführung des Heizwassers aus diesem Speicher. Die Gesamtkonzeption ermöglicht es die geforderten Zeitgrenzen für die Umschaltung zwischen den beiden Phasen eines Zyklus (1 Minute) einzuhalten.

Die Anordnung der Prüflinge (Rohre und Verbinder) ist abhängig von der Art und Anzahl der Verbindertypen (gerade Verbinder, Eckverbinder).

Bild 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Versuchsanordnung. Wichtig ist dabei die Unterscheidung nach der Art der Verlegung in

- A: vorgespannt: Ein Rohr mit einer Länge von 3000mm wird mit 2 N/mm² vorgespannt.
- B: freiverlegt: Die Rohre und Rohrverbinder sind in Längsrichtung frei beweglich.
- C: gekrümmt: Die Rohre werden in Bögen verlegt.

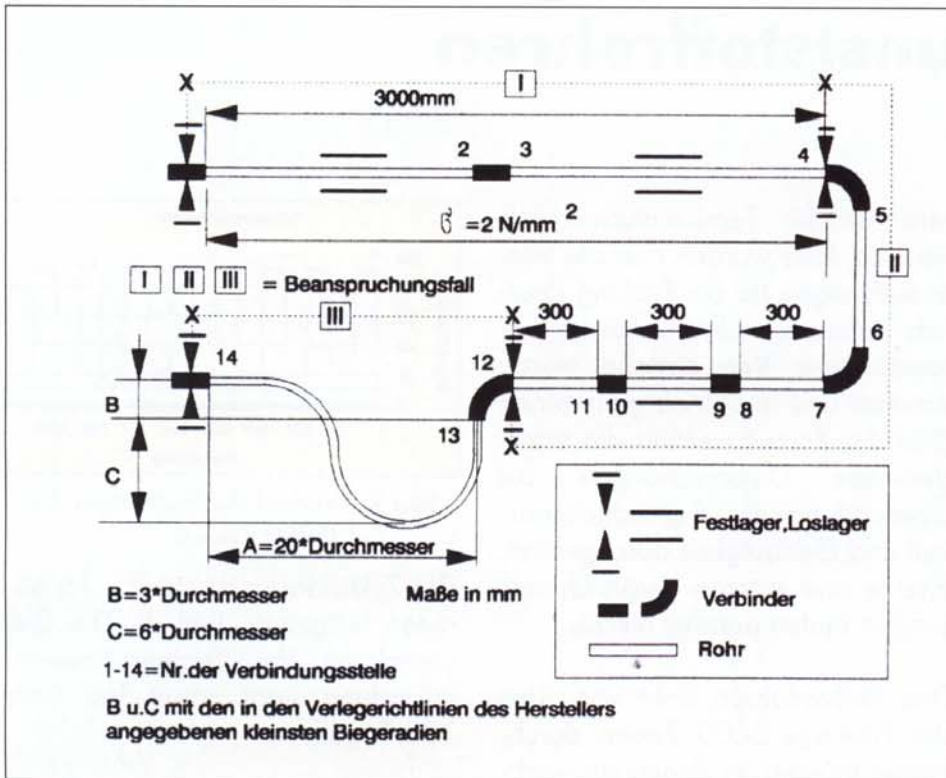


Bild 3: Beispiel für die Versuchsanordnung für den Temperaturwechselversuch

Der Versuch wird mit einem konstanten Rohrendruck von 10 bar durchgeführt. Die Fließgeschwindigkeit in den Rohren beträgt wenigstens 0,5 m/s.

Der Versuchsstand verfügt über eine dauerhafte Kontrolle des Innendruckes. Wird während der Messungen ein Druckabfall registriert, so schaltet der Prüfstand ab. Der aktuelle Stand der Zyklenzahl wird gespeichert; das Prüfpersonal erhält einen entsprechenden Warnhinweis. Für den Fall, das der Abbruch der Messung in den Nachtstunden liegt, so verlängert sich die Gesamtdauer für den Versuch entsprechend.

Ein weiteres wesentliches Anwendungsgebiet für den vorgestellten Prüfstand sind die Alterungsversuche im Vorfeld der Diffusionsprüfung. Vor der Messung der Sauer-

stoffdurchlässigkeit eines Rohres (ggf. plus Verbinder) muss eine Temperaturwechselbelastung durchgeführt werden. Das System wird im 15minütigem Wechsel mit Wasser von 70°C bzw. 20°C

durchströmt. Das Rohr selbst wird auf einer Trommel mit dem fünffachen Durchmesser des Rohres aufgewickelt und an den Enden fixiert. Die Versuchsdauer beträgt 28 Tage mit ca. 2700 Temperaturwechseln.

Im Anschluss an diese Vorarbeiten wird die Sauerstoffdichtigkeit der Rohre überprüft. Dabei wird die Konzentration des Sauerstoffs im Heizwasser vor und nach dem Durchströmen des Prüflings bestimmt. Nach DIN 4726 wird bei sauerstoffdichten Rohren eine Durchlässigkeit kleiner 0,32 mg/(m²d) (bezogen auf die Rohroberfläche) gefordert. Für ein typisches Heizrohr mit einem Durchmesser von 20 mm ergibt sich daraus ein Wert von 0,1g/(m³d) (bezogen auf das Rohrvolumen). Die meisten gebräuchlichen Systeme erreichen diesen Wert oder unterschreiten ihn zum Teil deutlich (z.B. Verbundrohr mit Aluminiumschichten.)



Bild 4: Anordnung der Prüflinge in gekapselter Versuchskammer

Technik der quasi homogenen Verbrennung von Heizöl EL

- Kurzfassung -

Stephan Herrmann

Der Absenkung der unteren Leistungsgrenze von Ölfeuerungsanlagen, die für Zerstäubungsbrenner gegenwärtig bei etwa 15 kW liegt, kommt vor dem Hintergrund eines stetig abnehmenden Heizenergiebedarfs eine wachsende Bedeutung zu. Unter diesen Randbedingungen liefert der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte vormischende Flächenbrenner für Heizöl EL einen viel versprechenden Lösungsansatz, der die Möglichkeit zur Dosierung kleinster Brennstoffströme mit dem günstigen Emissionsverhalten, der Leistungsvariabilität und dem nahezu geräuschlosen Betrieb dieser Brennerbauart verbindet.

Experimentelle Untersuchungen an einem vormischenden Flächenbrenner haben gezeigt, dass bereits eine Umsetzung des flüssigen Brennstoffes in kleinste Tropfen ausreicht, um ein Gemisch zu bilden, das im Hinblick auf seine Verbrennungseigenschaften einem rein gasförmigen Gemisch ähnlich ist und damit als „quasi homogen“ zu beurteilen ist.

Zur Erzeugung des Aerosols wird ein überhitzter Brennstoffstrahl über eine verschleißbare Düse in den Vormischbereich des Brenners eingespritzt. Durch die Druckabsenkung am Düsenaustritt bilden sich innerhalb des von Luft umschlossenen Einspritzstrahls Dampfblasen, die zusammen mit den an den Strahlgrenzen wirksamen Scherkräften den Brennstoff zerteilen. Durch das Zusammenwirken von kinetischer und thermischer Fragmentierung bilden sich im Vergleich zu herkömmlichen Zerstäubungsverfahren erheblich kleinere Tropfen.

Die Einspritzvorrichtung ist als volumengesteuertes Dosiersystem ausgelegt. Vor dem Brennerstart erwärmt ein elektrisches Heizelement den Brennstoffeinsatz auf die geforderte Einspritztemperatur. Nach einer kurzen Betriebszeit des Brenners liefert die heiße Reaktionszone die zur Aufheizung des Brennstoffes notwendige Energie. Um die Ausscheidung koksartiger Substanzen aus der flüssigen

Brennstoffphase zu vermeiden, wird der Brennstoff unter Druck erwärmt.

Zur technischen Bewertung des vorgestellten Lösungsansatzes wurde ein Versuchsbrenner mit einer Feuerungsleistung von 2 - 10 kW entwickelt und anhand der Kriterien Schadstoffemissionen, Flammenstabilität, Regelbarkeit, elektrischer Energiebedarf, Geräusche und Zuverlässigkeit untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass die Stickstoffoxidemissionen und die Geräusche des Flächenbrenners erheblich unter dem Niveau herkömmlicher Zerstäubungsbrenner liegen.

DISSERTATIONEN UND BERICHTE 2001/02

Herrmann, St.: Technik der quasi homogenen Verbrennung von Heizöl EL. Mitteilung Nr. 7, Stuttgart, Juni 2002 (Kurzfassung s.o.)

Messerschmid, H.: Entwicklung und Validation eines numerischen Verfahrens zur Beurteilung von Trinkwasserspeichern. Mitteilung Nr. 8, Stuttgart, Juli 2002 (Kurzfassung s.u.)

Dipper, J.: MELISSA - Methode zur Berechnung und Bewertung des Energieaufwandes von Einzelheizgeräten mit gekoppelter Betriebssimulation von Gebäude und Anlage. Stuttgart, 2001, HLK -1-02

Haller, R., F. Schmidt, M. Schmidt, D. Sucic: INTESOL - Integrale Planung solar-optimierter Bauten. Teilvorhaben 2: Energetische Bewertung von Entwürfen solar-optimierter Bauten. Stuttgart, Januar 2001, IKE 4-155

Grob, R.F., H. Bach, J. Harter, M. Schmidt: COURAGE - Computergestützte Überprüfung von bestehenden heiz- und raumluftechnischen Anlagen. Stuttgart, Februar 2002, IKE 7 - 31

Treiber, M., H. Bach, M. Bauer, M. Schmidt: G.I.T. Siegen. Bericht der energetischen Optimierung SolarBau Teilkonzept 3. Stuttgart, Oktober 2002.

Alle Dissertation und Forschungsberichte, auch frühere Berichte, sind über die Herausgeber erhältlich.

Entwicklung und Validation eines numerischen Verfahrens zur Beurteilung von Trinkwasserspeichern

- Kurzfassung -
Hans Messerschmid

Mit Hilfe numerischer Simulationswerkzeuge werden die thermodynamischen und strömungstechnischen Vorgänge in einem indirekt beheizten Trinkwassererwärmer simuliert. Die numerischen Modelle werden anhand von Experimenten an einem maßstabsgetreuen, realen Speicher kalibriert und bewertet. Für den Vergleich zwischen Experiment und numerischer Simulation wird zunächst ein Zustand mit stationärer Dauerzapfung bei gleichzeitiger Beladung des Speichers betrachtet. In einem weiteren Schritt wird für unterschiedliche Rohrabstände des Wärmetauschers ein Beladevorgang aus dem kalten Zustand dynamisch simuliert und mit den Experimenten verglichen. Der Schwerpunkt im experimentellen Teil der Arbeit liegt in der Erfassung von Temperatur- und Geschwindigkeitsfeldern. Es wird eine spezielle Methode zur Messung von Oberflächentemperaturen am Wärmetauscher vorgestellt und diskutiert. Das Geschwindigkeitsfeld im Bereich des Wärmetauschers wird mittels Laser-Doppler-Anemometrie vermessen. Hierfür wird ein Verfahren aufgezeigt, das es erlaubt, mit einem Einkomponenten-LDA ein zweidimensionales Geschwindigkeitsfeld zu bestimmen. Die speziell bei der Verwendung optischer Messverfahren in schnell fluktuierenden Wasserschichten auftretenden Probleme werden beobachtet, diskutiert und bewertet. Die Ergebnisse der Berechnungen des stationären Zustandes ergeben unabhängig vom Rohrabstand am jeweils untersten Rohr den höchsten Wärmeübergang. Mit kleiner werdenden Rohrabständen fällt im unteren Bereich des Wärmetauschers der Wärmeübergang stark ab. Bei der dynamischen Simulation des Beladevorganges zeigt sich, dass der exergetische Nutzungsgrad nach einer einheitlich festgelegten Beladezeit bei sehr kleinen Rohrabständen anfänglich stark steigt und ab einem bestimmten Rohrabstand nur noch geringfügig zunimmt.

Studien- und Diplomarbeiten 2001/02

Ankelin, Philip: Einfluss des Lademodells und der Auslegung von Elektro-speichergeräten auf den Energieaufwand der Nutzenübergabe

Bambey, Walter: Untersuchungen von integrierten Ventilgarnituren mit thermostatischen Heizkörperventilen

Betz, Marc: Entwicklung eines Verfahrens zur Aufnahme von Komponenten-kennlinien in bestehenden RLT-Anlagen

PERSONALIA

Im Laufe der Jahre 2001/02 ergaben sich folgende personelle Veränderungen:

Ende März 2001 verließ uns Dipl.-Ing. **Bernhard Biegert**, der für den Bereich Raumlufttechnik mitverantwortlich war. Er gründete das Ingenieurbüro OKAMEX, das Ingenieurleistungen in den Bereichen Stofffassung, Lüftungs- und Klimatechnik sowie Gebäude-, Anlagen- und Strömungssimulation anbietet.

Zum Jahresende 2001 wechselte Dipl.-Ing. **Alice Drutu**, die im Bereich Heizkostenverteilung beschäftigt war, in die Industrie. Dipl.-Ing. **Uwe Neunhäuser**, ebenfalls im Bereich Heizkostenverteilung tätig, wechselte zum Jahresanfang 2002 in die Entwicklungsabteilung eines Haushaltsgeräteherstellers.

Anfang 2002 ging Dipl.-Ing. (FH) **Martin Weißbecher**, der vor allem die Mess- und Steuerungstechnik unserer Prüfstände betreute, zu einem renommierten Hersteller von Klima- und Lüftungsgeräten. Seit April 2001 ist Dipl.-Bibl. **Margaret Winter** in unserer Bibliothek beschäftigt.

Burkard, Tobias: Das Nutzenübergabeverhalten von Systemen zur Bauteilaktivierung

Christoffers, Jan: Systematik eines Pflichtenheftes für die Planung von RLT-Anlagen

Dietrich, Martin: Entwicklung einer flexibel konfigurierbaren Emulations-schnittstelle

Dogan, Ersin: LDA-Messungen an einem Warmwasserspeicher

Dreizler, Daniel: Optimierung der Mischeinrichtung eines Kombinationsbrenners für Erdgas und Heizöl EL bezüglich der NO_x-Emissionen im Betrieb mit Heizöl EL

Kempe, Stefan: Der Einfluss unterschiedlicher Regelstrategien für VVS-Anlagen auf den Energiebedarf kommerzieller Gebäude

Keppler, Florian: Entwicklung eines Simulationsmodells für die Ludwig-Uhland-Schule und das angeschlossene Hallenbad der Stadt Leinfelden-Echterdingen

Keppler-Häfele, Simone: Betriebswirtschaftliche Optimierung eines BHKW zur Energieversorgung einer Großbäckerei

Lang, Matthias: Entwicklung eines Kühldeckenmodells zur Anlagensimulation

Müller, Christof: Einfluss der Heizpause auf den Energieaufwand der Nutzenübergabe bei Elektro-speichergeräten

Rust, Achim: Weiterentwicklung des Heizkörperdiagramms

Shi-Forster, Xin Dong: Numerische Simulation einer Erfassungseinrichtung bei thermisch geprägten Stoffausbreitungsvorgängen

Schmitt, Manfred: Konstruktion von Erfassungseinrichtungen und Erprobung bei isothermen und thermikgeprägten Stoffausbreitungsvorgängen

Schweikle, Friedrich: Experimentelle Untersuchung von Erfassungseinrichtungen bei isothermen sowie thermikgeprägten Stoffausbreitungsvorgängen

Schweikle, Friedrich: Bewertung der Raumklima- und Energieversorgungskonzepte eines Bürogebäudes unter ganzheitlichen Gesichtspunkten

Im HLKBRIEF wird über die Aktivitäten des Lehrstuhls für Heiz- und Raumlufttechnik am IKE der Universität Stuttgart, der Forschungsgesellschaft Heizung Lüftung Klimatechnik Stuttgart mbH (FGHLK) und des Vereins der Förderer der Forschung im Bereich Heizung Lüftung Klimatechnik Stuttgart e.V. berichtet.
www.uni-stuttgart.de/lhr/
www.fghlk.de
www.vdf.info

IMPRESSUM

Autoren:

Dr.-Ing. Christoph Beck
Dr.-Ing. Jörg Dipper
Dipl.-Ing., M. Sc. Robert F. Grob
Dipl.-Ing. Raphael Haller
Dipl.-Ing. Fred Kolarik
Dipl.-Ing. Armin Ruppert
Prof. Dr.-Ing. Michael Schmidt
Dipl.-Ing. Konst. Stergiaropoulos
Dipl.-Ing. Markus Treiber
LHR-Universität Stuttgart
Dr.-Ing. Roland Kopetzky,
ennovatis GmbH
Prof. Dr.-Ing. habil. Fritz Schmidt;
IKE/WN
Dr.-Ing. Michael Bauer,
DS-Plan GmbH
Dipl.-Ing. Bernhard Biegert,
Ingenieurbüro OKAMEX

Herausgeber:

Verein der Förderer der Forschung im Bereich Heizung Lüftung Klimatechnik Stuttgart e.V.
Pfaffenwaldring 6A
70569 Stuttgart-Vaihingen
Tel.: 0711/685-2090
Fax: 0711/685-2096

Redaktion und Gestaltung:
Gunther Claus
Sabina Fischer-Hampel

Die Verantwortung für den Inhalt der Beiträge liegt bei den Autoren. Veröffentlichung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.