

Gerhard Zweifel, Horw

Programm für die Bedarfsermittlung nach SIA V 382/3

Als Ablösung des bisher vorhandenen Programms wurde am Zentralschweizerischen Technikum Luzern (ZTL) in Horw mit Unterstützung des Bundesamts für Energie ein neues Programm für die Bedarfsermittlung für Kühlung nach Empfehlung SIA V 382/3 entwickelt, das Bestandteil einer schon existierenden Haustechnik-Familie ist. Dies erlaubt den Zugriff auf eine mit anderen Berechnungsprogrammen (derzeit v.a. Wärmeleistungsbedarf nach Empfehlung SIA 384/2, Kühllast nach Empfehlung SIA V 382/2) gemeinsame Datenbank.

Die Bedarfsermittlung für Raumkühlung ist in der Empfehlung SIA V 382/3 geregelt [1]. Das vorgeschriebene Vorgehen umfasst mehrere Schritte, wovon einer die thermische Simulation des Gebäudes (bzw. des betrachteten Raums) erfordert. Damit wird aufgezeigt, dass die sommerlichen Raumlufttemperaturen die zulässige Grenze übersteigen. Diese Bedarfsermittlung wird für den in verschiedenen Kantonen im Rahmen der Energiegesetzgebung verlangten Bedarfsnachweis für Raumkühlung eingesetzt. In einigen Kantonen hat dies eine lange Tradition (Basel, Zürich).

Bisher wurden solche Simulationen mit dem Programm DOE-2 [2] durchgeführt. Simulationen sind eine komplexe Aufgabe und das Programm DOE-2 durch seine vielfältigen Möglichkeiten zudem schwierig zu handhaben. Solange die Simulationen durch eine oder sehr wenige Stellen (v.a. Empa) durchgeführt wurden, war dies kein gravierendes Problem. Mit der - nicht zuletzt als Folge des verlangten Bedarfsnachweises - zunehmenden Verbreitung der Gebäudesimulation bzw. des Programms DOE-2 entstand aber die Schwierigkeit, dass die erzielten Resultate sehr unterschiedlich und die Beurteilung durch die Kontrollstellen unmöglich wurden.

Aus diesem Grund wurde an der Empa im Rahmen eines früheren BEW-Projekts [3], mit Anknüpfung an ein internationales Projekt [4], für die Aufgabe der Bedarfsermittlung eine Standard-Eingabedatei entwickelt. Diese schränkt die Möglichkeiten des Programms stark ein und

vereinfacht dadurch die Handhabung und die Überprüfbarkeit.

Zur Vervollständigung wurde dazu ein Programm (zur Hauptsache eine Benutzeroberfläche) erstellt, mit dem neben der eigentlichen Simulation auch die übrigen Schritte der Bedarfsermittlung (Nachweis der speicherwirksamen Masse, des Sonnenschutzes, der internen Lasten) durchgeführt werden konnten.

In den letzten Jahren wurden durch eine Arbeitsgruppe des Schweizerischen Vereins von Wärme- und Klimaingenieuren (SWKI) eine neue Richtlinie [5] mit dem Titel «Jährlicher Energiebedarf von Lüftungstechnischen Anlagen» erarbeitet. Darin enthalten sind eine Reihe von Standardnutzungen, d.h. Angaben über die zu erwartenden Lasten und deren zeitliche Verteilung für verschiedene Raumnutzungskategorien.

Damit erhielt die Empfehlung SIA V 382/3, die sich nur auf Büronutzungen bezieht, eine willkommene Ergänzung. Auf der Grundlage dieser Richtlinie wurde durch das BEW eine Arbeitshilfe [6] erstellt, in der auch bereits das vorliegende Programm erwähnt ist.

Da nun die weitere Bearbeitung des oben erwähnten Programms infolge ver-

schiedener Faktoren nicht mit vernünftigem Aufwand möglich war, stellte sich die Frage des richtigen Wegs für eine Weiterentwicklung. Als Lösung wurde durch die Informatikgruppe (S. Hess, B. Schütz) an der Abteilung HLK des Zentralschweizerischen Technikums Luzern (ZTL) in Horw ein neues Programm als Bestandteil der unter dem Namen «IDEA-Haustechnik» bekannten Programmfamilie entwickelt. Diese Neuentwicklung brachte gegenüber dem Vorgängerprogramm folgende Vorteile:

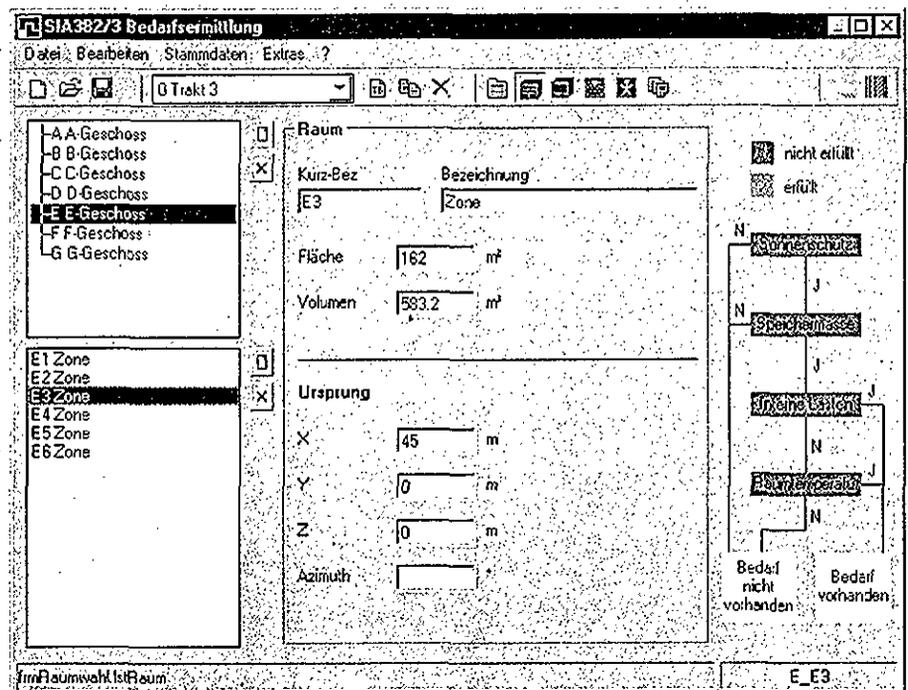
- Einbezug der Standardnutzungen gemäss [5]
- Gemeinsame Datenbank mit anderen Programmen der IDEA-Familie (Wärmeleistungsbedarf, Kühllastberechnung usw.), d.h. Nutzen der aus den anderen Berechnungsprogrammen bereits vorhandenen Daten (Konstruktionen, Bauteile usw.). IDEA steht dabei für Integration der Datenverarbeitung, Erfassung und Auswertung in der Haustechnik.

Das Produkt

Das Programm wurde in Anlehnung an die bereits bestehenden Programme der IDEA-Haustechnik-Familie erstellt. Diese enthält gegenwärtig folgende Programme:

- Wärmeleistungsbedarf (SIA 384/2, Programm SIA 38x)

1
Raumdefinition in SIA 382/3



- Kühllastberechnung (SIA V 382/2, Programm SIA 38x)
- Druckverlustberechnung
- Symbolbibliothek für Haustechnik-schemas

Als weitere Anwendungen u.a. vorgesehen und als Prototypen bereits vorhanden sind:

- Heizenergiebedarf nach SIA 380/1 (bzw. EN 832, Produkt in Arbeit)
- k-Wert-Berechnung ausgelagert (bisher Bestandteil von SIA 38x)
- Generieren der Eingabe DOE-2 (allgemein)
- Dynamische Kühllastberechnung nach SIA V 382/2 (mit DOE-2)
- Grafische Eingabekontrolle der Geometrie, mit Korrekturmöglichkeit

Das Programm für SIA V 382/3 wurde, wie die übrigen IDEA-Programme, in Visual Basic geschrieben. Alle gebäudebezogenen Berechnungsprogramme benutzen eine gemeinsame Datenbank (Access), so dass Daten, die für eine der Berechnungen benötigt und eingegeben wurden, auch für die anderen zur Verfügung stehen. In den Bildern 1 und 2 erkennt man die gleiche Geschoss- und Raumstruktur in den Eingabefenstern der Programme SIA 382/3 und SIA 38x wieder.

Das Programm wurde unter Windows NT entwickelt, ist aber unter allen Windows-Betriebssystemen ab Windows 3.1 aufwärts lauffähig. Die Eingabe der notwendigen Daten erfolgt in fünf Fenstern:

- Projektdefinition: Allgemeine Angaben und Gebäudedefinition (inkl. Ausrichtung)

- Raum: Auswahl des Raums, Positionierung und Ausrichtung
- Bauteile: Konstruktionen, Positionierung und Ausrichtung
- Beleuchtung/Beschattung: Zonierung des Raums für Beleuchtung (Berücksichtigung der Tageslichtnutzung!), Sonnenschutzfaktor der Beschattungseinrichtung, Fremdschatten
- Nutzung/Lüftung: Wahl der Nutzung (interne Lasten, inkl. Fahrpläne) und der Lüftungsstrategie

Im letztgenannten Fenster sind sämtliche Standardnutzungen aus der SKWI-Richtlinie [5] vordefiniert. Es kann aber auch für jeden zu berechnenden Raum eine davon abweichende, benutzerdefinierte Nutzung eingegeben werden. Für die Lüftungsstrategie stehen drei Varianten zur Auswahl:

- Fensterlüftung nur während der Benutzungszeit
- Fensterlüftung bei Bedarf auch ausserhalb der Benutzungszeit
- mechanische Lüftung

Im letzten Fall wird bei Bedarf immer mit einer Nachlüftungsmöglichkeit unter Berücksichtigung sinnvoller Schaltkriterien gerechnet [9].

Objektübergreifende Grundlegedaten (sogenannte Stammdaten: Standorte, Konstruktionen, Baumaterialien usw.) können aus Datenbanken dazugefügt werden. Die mit Abstand schwierigste Aufgabe bei der Bedienung des Programms ist die Definition der Geometrie der Raumschliessungsflächen. Diese muss korrekt eingegeben werden, da bei der Simulation die Tageslichtberechnung aktiviert

ist und diese sonst keine richtigen Resultate liefert. Die Konvention der geometrischen Eingabe folgt derjenigen im DOE-2 mit hierarchischen Koordinatensystemen.

Die Berechnung der speicherwirksamen Masse erfolgt nach dem Verfahren von Heindl gemäss Empfehlung SIA V 382/2, Anhang 4. Die Ermittlung der internen Lasten erfolgt entweder aus der Datenbank auf der Grundlage der BEW-Arbeitshilfe (im Falle von Standardnutzungen) oder durch Aufrechnen der Lasten und Fahrpläne (benutzerdefinierte Nutzung). In einem sechsten Fenster werden die Berechnungen durchgeführt und die Resultate angezeigt.

Für die Berechnung der Raumlufttemperaturen wird im Hintergrund eine Simulation mit dem Programm DOE-2 durchgeführt. Dazu sind keine Kenntnisse dieses Programms erforderlich, da die Erstellung der Eingabedatei automatisch erfolgt. Sie entspricht der früheren Empa-Standard-Eingabedatei.

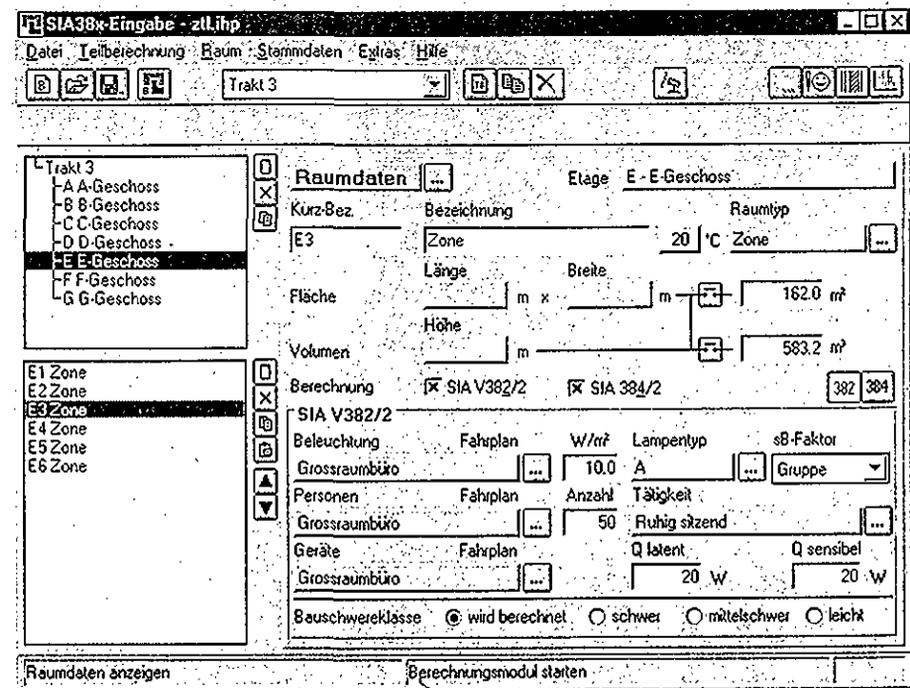
Resultatdarstellung und -diskussion

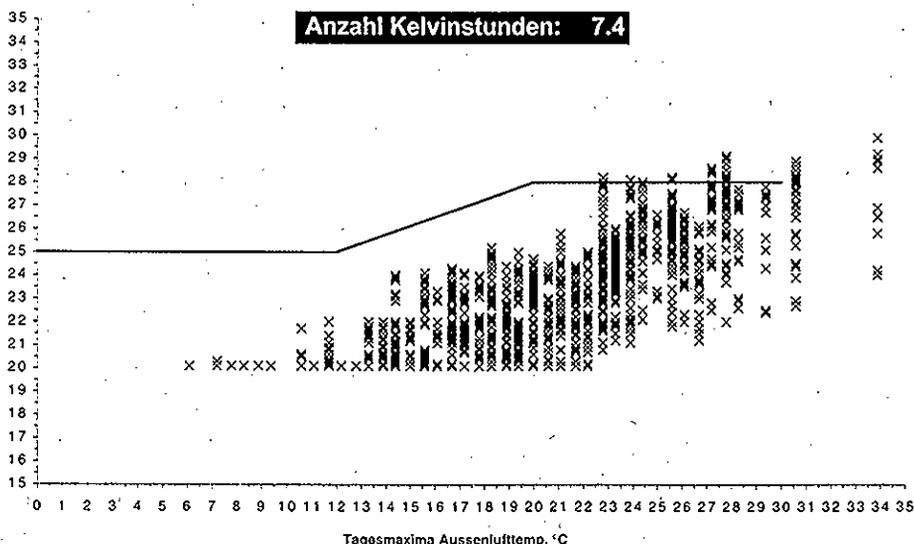
Das für eine Beurteilung der Raumlufttemperaturen relevante Resultat (Überschreiten der oberen Grenzkurve des zulässigen Betriebsbereichs der Raumlufttemperaturen in Kelvinstunden) wird entsprechend der Definition in SIA V 382/3 ermittelt und angezeigt. Zusätzlich sind einige grafische Resultatdarstellungen möglich, die mit Hilfe von Makros automatisch mit Excel erzeugt werden (Bilder 3 bis 5).

Die Auswahl der in Bild 5 dargestellten Woche geschieht automatisch aufgrund der Meteo-daten derart, dass maximale Aussenlufttemperaturen zwischen 25 und 30 °C erreicht werden (nicht über 30 °C, da solche Tage, die Hitzetage, bei den Kelvinstunden nicht mitgezählt werden). Andere Darstellungen kann der Benutzer selbst erzeugen. Dazu wird eine Datei der Aussen- und Raumlufttemperaturen des ganzen Simulationszeitraums (1/2 Jahr) zur Verfügung gestellt.

Anlässlich der im Rahmen einer Diplomarbeit durchgeführten Tests (siehe unten) wurde auch der Zusammenhang zwischen den Randbedingungen (Nutzung) und den erzielten Resultaten bei einem modifizierten Kriterium im Sinne eines kritischen Hinterfragens untersucht. Der interessierende Zusammenhang ist der folgende: Die als Entscheidungskriterium benutzte obere Grenzkurve des Betriebsbereichs nach SIA V 382/3 (Bild 3) zeigt einen Anstieg der zulässigen Raumlufttemperatur von 25 auf 28 °C bei Aussen-temperatur-Tagesmaxima (!) von 12 bis 20 °C. Erfahrungen aus der Praxis zeigen,

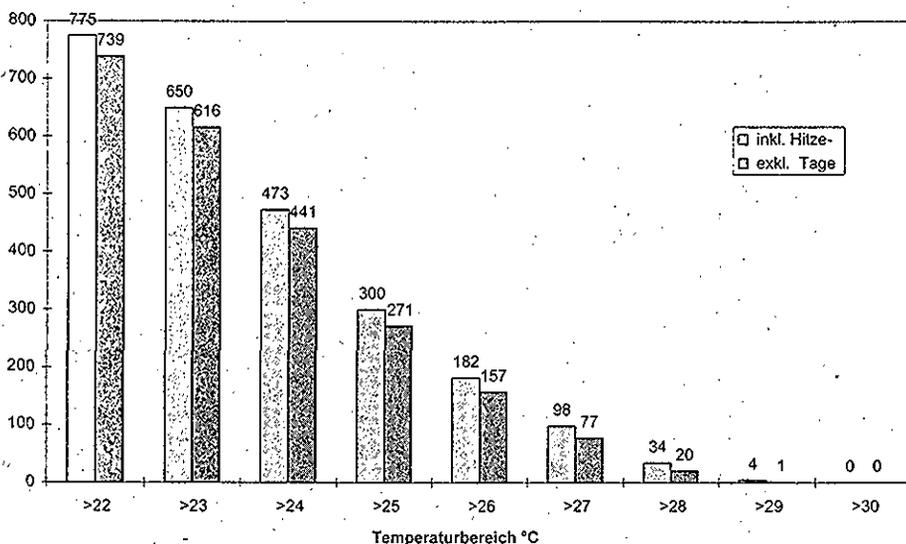
2
Raumdefinition in SIA 38x





3

Streuplot der Raumlufttemperaturen

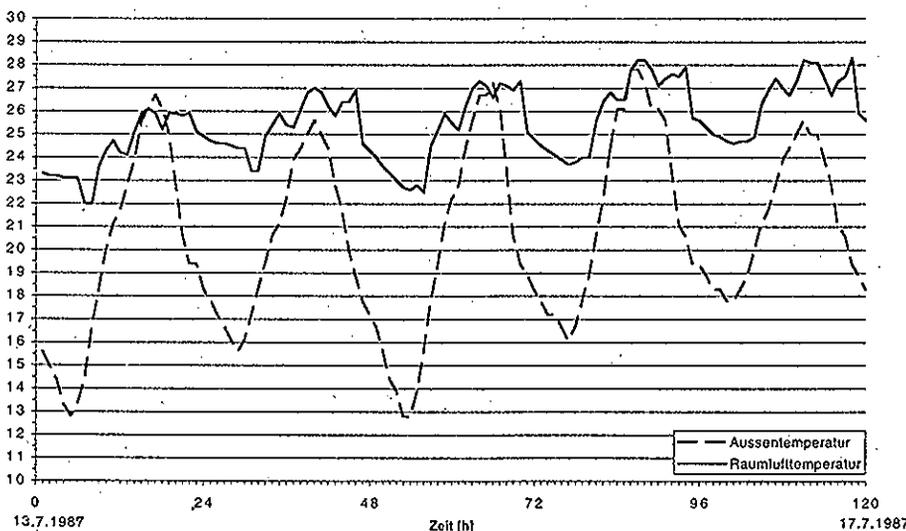


4

Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperaturen

5

Verlauf der Raumlufttemperatur während einer Arbeitswoche



dass im Bereich des Anstiegs bei Raumlufttemperaturen, die knapp unter der Grenzkurve liegen, Reklamationen auftreten. Dies ist insofern verständlich, als es sich bei solchen Tagen um verhältnismässig kühle Tage der Übergangsjahreszeit handelt, an denen eigentlich nicht mit einer leichteren Kleidung gerechnet werden kann. Der Anstieg der Grenzkurve müsste demzufolge nach rechts verschoben werden (Bild 6), was tendenziell zu grösseren Kelvinstundenzahlen, d.h. zu einem leichter zu erreichenden Bedarf führte.

Andererseits gibt es zu den erwähnten Standardnutzungen in der SWKI-Richtlinie [5] separate Fahrpläne für die Auslegung (Kühllastberechnung) und für die Jahresenergiebedarfsberechnung. Letztere weisen geringere Gleichzeitigkeitsfaktoren sowie eine Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen auf. Gemäss SIA V 382/3 und Absprachen mit Behörden werden für die Bedarfsermittlung die Auslegungsfahrpläne benutzt. Da es sich dabei um eine Langzeitbetrachtung handelt (es wird das Sommerhalbjahr betrachtet), ist dies jedoch nicht sehr realistisch. Eine Verwendung der für die Jahresenergiebedarfsberechnung definierten Fahrpläne hätte natürlich einen geringeren Kühlbedarf zur Folge.

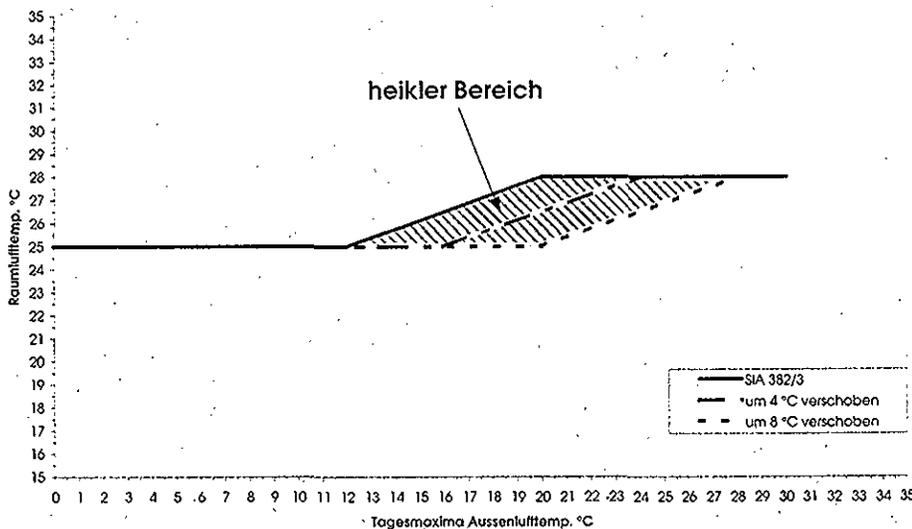
Der Einfluss der kombinierten Einführung dieser zwei Änderungen mit gegenläufigem Effekt wurde für Büronutzung untersucht. Es zeigte sich, dass sich die Kelvinstunden nur marginal ändern. Die Temperaturen sinken infolge der geringeren internen Lasten um 0,5 bis 1 K. Eine Verschiebung der Grenzkurve um 4 °C nach rechts gleicht diesen Effekt wieder aus. Bei einer Verschiebung um 8 °C nach rechts ergeben sich 15 Kh statt 0 Kh.

Der Vorteil einer gleichzeitigen Einführung würde somit darin liegen, dass sich keine gravierende Änderung der Politik im Sinne einer strengeren oder largeren Handhabung ergäbe. Diese Untersuchung wurde aus eigenem Antrieb und rein interessehalber durchgeführt. Es ist dem Autor klar, dass solche Änderungen nicht leichtfertig durchgeführt werden können, sondern eine breit angelegte Diskussion erfordern.

Kontrolle und Tests

Die gegenwärtige Version des Programms wurde im Rahmen verschiedener Arbeiten eingehenden Tests unterzogen:

- In einer Diplomarbeit im September 1997 [7] wurden sowohl Programmtests als auch eine Überprüfung der Resultate anhand der Parameterstudie BEW/Empa von 1995 [8] durchgeführt. Die Resultatüberprüfung fiel befriedigend aus.



6

Komfortmässig heikler Bereich und alternative Grenzkurven

Literatur

[1]

Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein: Empfehlung SIA V 382/3. Bedarfsermittlung für Lüftungstechnische Anlagen, 1992

[2]

Eidgenössische Materialprüfanstalt, Abt. Haustechnik: Beschreibung des Rechenprogramms DOE-2, 1997

[3]

Zweifel G.: Thermische Simulation von Gebäuden. Schlussbericht Empa/BEW, 1996

[4]

IEA-Annex 21: Calculation of Energy and Environmental Performance of Buildings - Subtask B: Appropriate Use of Programs. Final Report, Vol. 1 and 2, May 1994

[5]

SWKI-Richtlinie 95-3: Jährlicher Energiebedarf von Lüftungstechnischen Anlagen, 1997

[6]

Merkblatt BEW/Konferenz der kantonalen Energiefachstellen: Arbeitshilfe zum Bedarfsnachweis Kühlung und Befeuchtung. Ad-hoc-Arbeitsgruppe Nr. 1, EDMZ Best.-Nr. 805.163 d, 1997

[7]

Schenk A.: Validierung des Programms SIA 382/3. Diplomarbeit ZTL, Abt. HLK, 1997

[8]

Steinemann U., Frank T., Zweifel G.: Parameterstudie zum Bedarfsnachweis Kühlung gemäss SIA 382/3 - Vergleich der Simulationsprogramme DOE-2 und Heliös. Validierungsbeispiel; EDMZ-Best. Nr. 805.160 d, 1995

[9]

Zentralschweizerisches Technikum Luzern, Abteilung HLK: Programm IDEA-SIA 382/3: Dokumentation, 1998

- Das Programm wurde im Rahmen der Semesterarbeit im 5. Semester im Winter 1997/98 von einer Klasse HLK-Ingenieurstudenten eingesetzt.
- Ein erster Weiterbildungskurs am ZTL mit 16 externen Teilnehmern wurde im Spätherbst 1997 durchgeführt. Aus diesem Kurs konnten noch etliche Anregungen und Verbesserungsvorschläge entgegengenommen werden.

Weiteres Vorgehen, Vermarktung und Support

Die im Rahmen der oben erwähnten Tests festgestellten Mängel werden bis Ende März 1998 behoben. Das Programm wird im Rahmen der IDEA-Haustechnik-Pro-

gramme durch das ZTL gepflegt und unterhalten.

Der Verkauf soll gemäss Pflichtenheft durch das ZTL und durch die Energierechengruppe der Empa erfolgen können. Anzustreben ist ein Verkaufspreis, der zusammen mit der günstigsten Variante des DOE-2 und dem DrawBDL einen Gesamtpreis von unter Fr. 1000.- ergibt.

Die weitere Verbreitung des Programms und die Anwendung im Vollzug sollen gefördert werden. Eine Massnahme dazu soll eine Reihe von Kursen bilden, die durch den Verfasser in Zusammenarbeit mit den Branchenverbänden (SIA, SWKI, KlimaSuisse) durchgeführt werden.

Adresse des Verfassers:

Gerhard Zweifel, dipl. Ing. ETH/SIA, Dozent, Abteilung HLK, Zentralschweizerisches Technikum Luzern (ZTL), Horw