



Zentrale Schweizerische  
Technikum  
Ingenieurschule Luzern



BEW-Projekt Nr. 16'627

## **Erstellung eines Programms für die Bedarfsermittlung für Kühlung nach SIA 382/3**



### **Schlussbericht**

**G. Zweifel  
B. Schütz, S. Hess**

Dezember 1997

## **Zusammenfassung**

Als Ablösung des bisher vorhandenen Programms, das keine Weiterentwicklung mit vernünftigem Aufwand zuliess, wurde am ZTL ein neues Programm für die Bedarfsermittlung für Kühlung nach SIA 382/3 entwickelt.

Das neue Programm ist Bestandteil der Familie IDEA Haustechnik. Dies erlaubt einen Zugriff auf eine mit anderen Berechnungsprogrammen (derzeit v.a. Wärmeleistungsbedarf nach SIA 384/2, Kühllast nach SIA 382/2) gemeinsame Datenbank. Damit müssen die in allen Berechnungen benötigten Daten nur einmal eingegeben werden und stehen für die anderen Anwendungen zur Verfügung.

Das Programm ermöglicht – wie das Vorgängerprogramm – alle Nachweisschritte der Bedarfsermittlung bis zum Nachweis der zu hohen Raumlufttemperaturen. Dieser letztere wird mit einer Simulationsrechnung, die im Hintergrund abläuft, bewerkstelligt.

Im Programm enthalten sind die in der SWKI-Richtlinie 95-3 definierten Standardnutzungen enthalten.

Das Programm wird durch das ZTL und die EMPA vertrieben. Ein erster Einführungskurs hat im Okt./Nov. am ZTL stattgefunden. Weitere Kurse werden 1998 durch das ZTL in Zusammenarbeit mit den Branchenverbänden organisiert.

## Ausgangslage

Die Bedarfsermittlung für Raumkühlung ist in der Empfehlung SIA 382/3 geregelt [1]. Das vorgeschriebene Vorgehen umfasst mehrere Schritte, wovon einer die thermische Simulation des Gebäudes (bzw. des betrachteten Raumes) 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).

Traditionell wurden solche Simulationen mit dem Programm DOE-2 [2] durchgeführt. Solche Simulationen sind eine komplexe Aufgabe, das Programm DOE-2 durch seine vielfältigen Möglichkeiten 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 [5], 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 SWKI eine neue Richtlinie (95-3, [6]) erarbeitet mit dem Titel ‚Jährlicher Energiebedarf von lüftungstechnischen Anlagen‘. Darin enthalten sind eine Reihe von Standardnutzungen, d.h. für verschiedene Raumnutzungskategorien Angaben über die zu erwartenden Lasten und deren zeitliche Verteilung. Damit erhielt die SIA 382/3, die sich nur auf Büronutzungen bezieht, eine willkommene Ergänzung. Auf der Grundlage dieser Richtlinie wurde durch das BEW eine Arbeitshilfe (Merkblatt, [7]) erstellt, in der auch bereits das vorliegende Programm erwähnt ist.

Da nun die weitere Bearbeitung des oben erwähnten Programms infolge eines Todesfalls und der verwendeten Software nicht mit vernünftigem Aufwand möglich war, stellte sich die Frage des richtigen Wegs für eine Weiterentwicklung.

Das Ziel des im vorliegenden Bericht behandelten Projekts war, an der Abteilung HLK des Zentralschweizerischen Technikums Luzern (ZTL) in Horw ein neues Programm als Bestandteil der unter dem Namen ‚IDEA Haustechnik‘ bekannten Programmfamilie zu entwickeln. Diese Neuentwicklung brachte gegenüber dem Vorgängerprogramm folgende Vorteile:

- Einbezug der Standardnutzungen gemäss SWKI 95-3
- Gemeinsame Datenbank mit anderen Programmen der IDEA-Familie (Wärmeleistungsbedarf, Kühllastberechnung etc.), d.h. Nutzen der aus den anderen Berechnungsprogrammen bereits vorhandener Daten (Konstruktionen, Bauteile etc.)

## Das Produkt

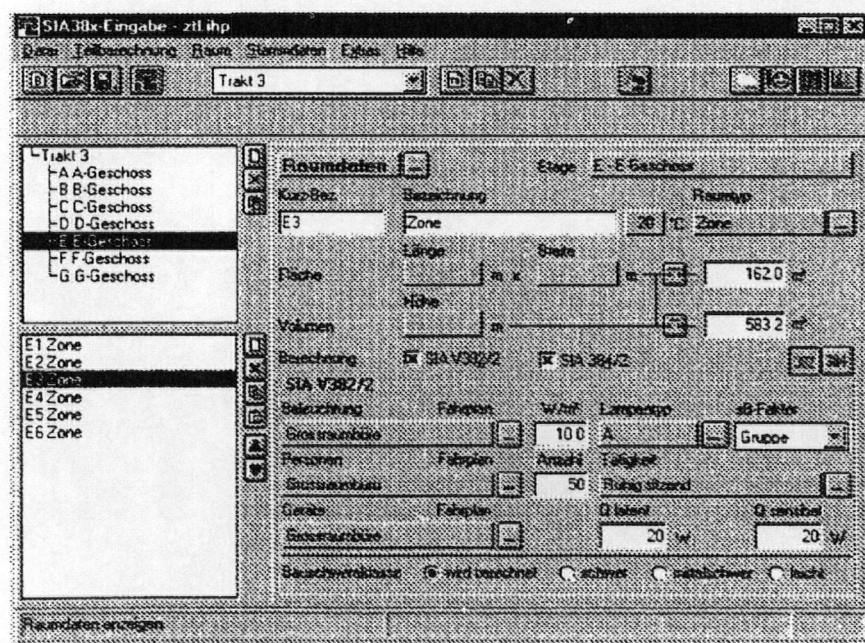
Das Programm wurde in Anlehnung an die bereits bestehenden Programme der IDEA-Haustechnik-Familie erstellt. Diese enthält gegenwärtig folgende Programme:

- Wärmeleistungsbedarf (SIA 384/2, Programm SIA 38x)
- Kühllastberechnung (SIA 382/2, Programm SIA 38x)
- Druckverlustberechnung
- Symbolbibliothek für Haustechnikschemas

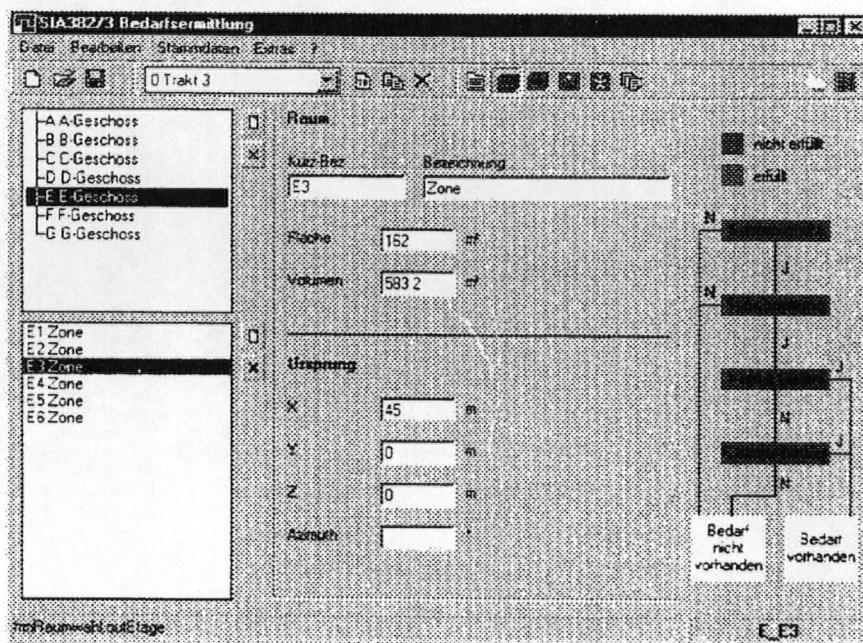
Als weitere Anwendungen sind u.a. vorgesehen und als Prototypen bereits vorhanden:

- 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 382/2 (mit DOE-2)
- Grafische Eingabekontrolle der Geometrie, mit Korrekturmöglichkeit

Das Programm SIA 382/3 wurde, wie die übrigen IDEA-Programme in Visual Basic geschrieben. Alle gebäudebezogenen Berechnungsprogramme benutzen eine gemeinsame ACCESS-Datenbank. Damit ist es möglich, dass Daten, die für eine der Berechnungen benötigt und eingegeben wurden, auch für die anderen zur Verfügung stehen. Dies gilt auch für das neue Programm SIA 382/3. In den Bildern 1 und 2 erkennt man die gleiche Geschoss- und Raumstruktur in den Eingabefenstern der Programme SIA 38x und SIA 382/3 wieder.



**Bild 1:**  
Raumdedefinition  
in SIA 38x



**Bild 2:**  
Raumdedefinition  
in SIA 382/3

Das Programm wurde unter Windows NT entwickelt, ist aber unter allen MS Windows-Betriebssystemen ab Windows 3.1 aufwärts lauffähig.

Die Eingabe der notwendigen Daten erfolgt in fünf Fenstern:

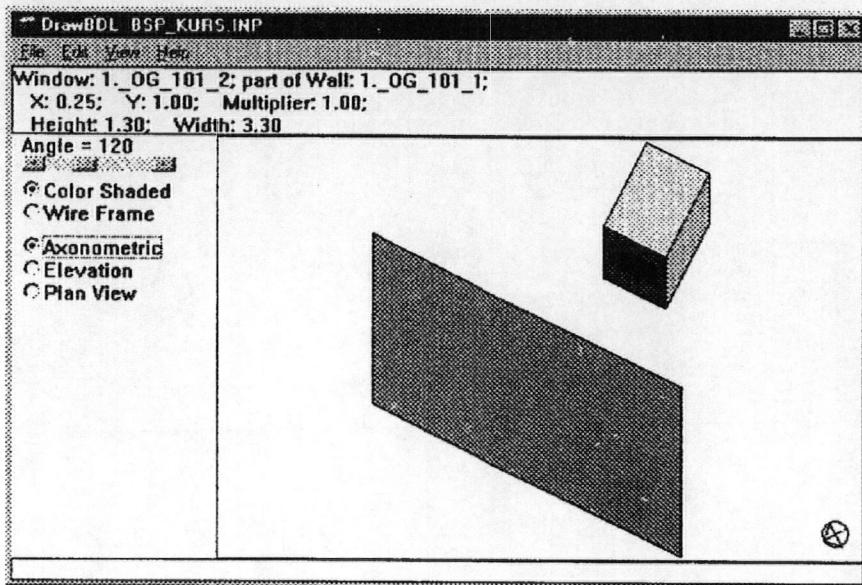
- *Projektdefinition*: Allgemeine Angaben und Gebäudedefinition (inkl. Ausrichtung)
- *Raum*: Auswahl des Raumes, Positionierung und Ausrichtung
- *Bauteile*: Konstruktionen, Positionierung und Ausrichtung
- *Beleuchtung/Beschattung*: Zonierung des Raumes für Beleuchtung (Berücksichtigung der Tageslichtnutzung!),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

Im letzten genannten Fenster sind sämtliche Standardnutzungen aus SKWI 95-3 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 Nachtlüftungsmöglichkeit gerechnet, unter Berücksichtigung sinnvoller Schaltkriterien.

Objektübergreifende Grundlagedaten (sog. Stammdaten: Standorte, Konstruktionen, Baumaterialien etc.) können aus Datenbanken dazugefügt werden.

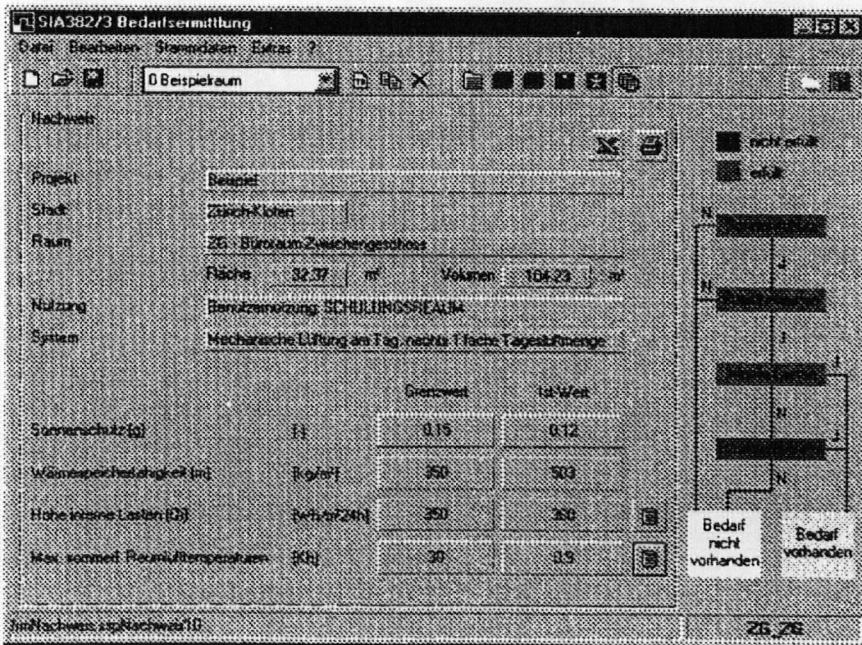
Die mit Abstand schwierigste Aufgabe bei der Bedienung des Programms ist die Definition der Geometrie der Raumschliessungsflächen. Diese muss korrekt eingegeben werden, da bei der Simulation die Tageslichtberechnung aktiviert ist und diese sonst keine richtigen Resultate liefert. Die Konvention der geometrische Eingabe folgt denjenigen im DOE-2 mit hierarchischen Koordinatensystemen. Dazu – und auch zur übrigen

Anwendung des Programms - wurde eine Anleitung verfasst, die für die definitive Version in entsprechende Hilfetexte umgewandelt wird. Hilfreich ist die grafische Darstellung der Geometrie mit einem kommerziell erhältlichen Programm zum DOE-2 (DrawBDL, siehe Bild 3).



**Bild 3:** Grafische Eingabekontrolle mit DrawBDL

In einem sechsten Fenster werden die Berechnungen durchgeführt und die Resultate angezeigt (Bild 4).

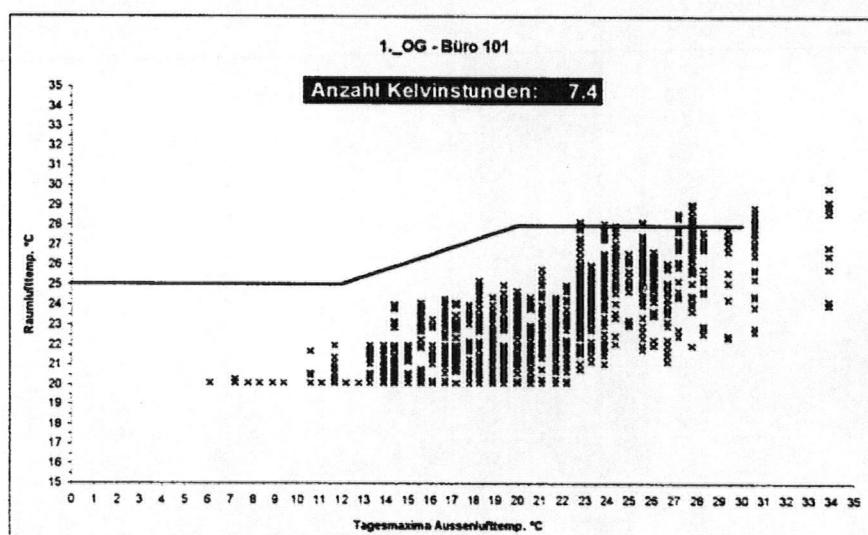


### **Bild 4:** Berechnungs- und Resultatfenster

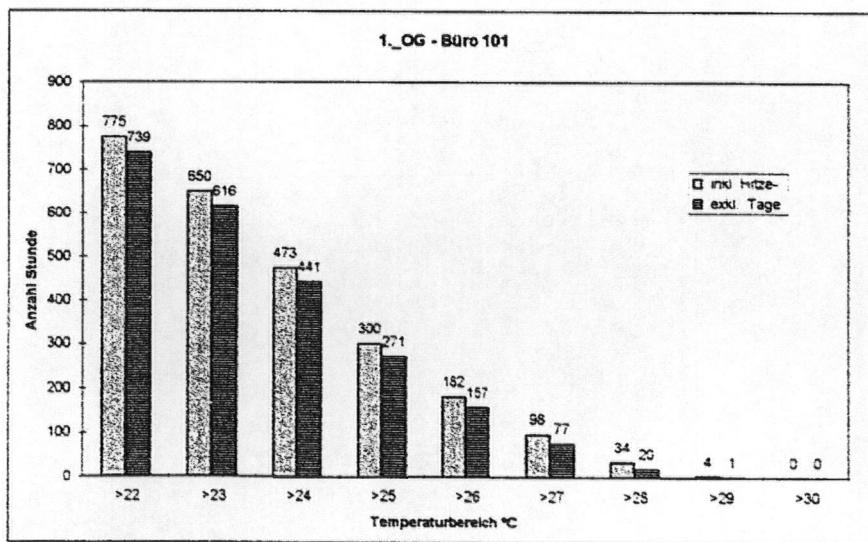
Die Berechnung der speicherwirksamen Masse erfolgt nach dem Verfahren von Heindl gemäss SIA 382/2, Anhang 4. Die Ermittlung der internen Lasten erfolgt entweder aus der Datenbank auf der Grundlage der BEW-Arbeitshilfe (im Falle von Standardnutzungen), oder durch Aufrechnen der Lasten und Fahrpläne (benutzerdefinierte Nutzung).

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.

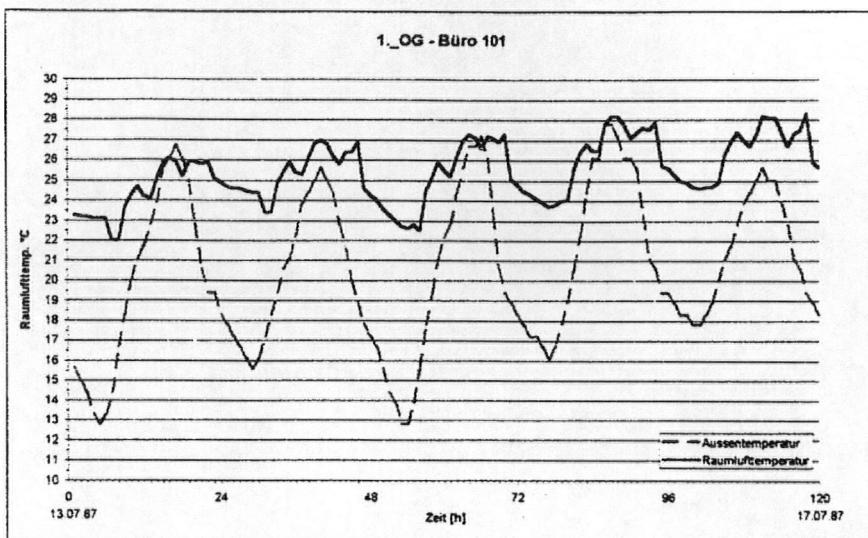
Das für eine Beurteilung der Raumlufttemperaturen relevante Resultat (Überschreitung der oberen Grenzkurve des zulässigen Betriebsbereichs der Raumlufttemperaturen, in Kelvinstunden) wird entsprechend der Definition in SIA 382/3 ermittelt und angezeigt. Zusätzlich sind einige grafische Resultatdarstellungen möglich, die mit Hilfe von Makros automatisch mit EXCEL erzeugt werden (siehe Bilder 5 bis 7).



**Bild 5:** 'Streuplot' der Raumlufttemperaturen



**Bild 6:** Häufigkeitsverteilung der Raumlufttemperaturen



**Bild 7:** Verlauf der Raumlufttemperatur während einer Arbeitswoche

Die Auswahl der in Bild 7 dargestellten Woche geschieht automatisch aufgrund der Meteodaten so, dass max. 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 vom ganzen Simulationszeitraum ( $\frac{1}{2}$  Jahr) zur Verfügung gestellt.

### Kontrolle und Tests

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

- In einer Diplomarbeit im Sept. 1997 [8] wurden sowohl Programmtests als auch eine Überprüfung der Resultate anhand der Parameterstudie BEW/EMPA von 1995 [9] durchgeführt. Die Resultatüberprüfung fiel befriedigend aus.
- Das Programm wurde im Rahmen der Semesterarbeit im 5. Semester im Okt./Nov. 1997 von einer halben Klasse HLK-Ingenieurstudenten eingesetzt.
- Ein erster Weiterbildungskurs am ZTL [10] mit 16 externen Teilnehmern wurde im Okt./Nov. 1997 durchgeführt. Dieser Kurs erhielt unbeabsichtigerweise ebenfalls den Charakter eines Programmtests, indem noch etliche Anregungen und Verbesserungsvorschläge entgegengenommen wurden.

### Weiteres Vorgehen, Vermarktung und Support

Die im Rahmen der oben erwähnten Tests festgestellten Mängel werden bis Ende 1997 behoben (Arbeiten zum Zeitpunkt der Berichtsverfassung im Gange).

Das Programm wird im Rahmen der IDEA-Haustechnik- Programme 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. 1'000.- ergibt.

Die weitere Verbreitung des Programms und die Anwendung im Vollzug soll gefördert werden. Eine erste Massnahme dazu soll eine Reihe von Kursen bilden, die durch den Berichtsverfasser in Zusammenarbeit mit den Branchenverbänden (SIA, SWKI, ClimaSuisse) durchgeführt werden. Diese Kurse sollen vorerst in den Ballungszentren Basel, Bern, Luzern und Zürich organisiert werden und den Charakter von Pilotkursen erhalten. Sie können später bei Bedarf von den lokalen Behörden aufgegriffen und durch weitere ergänzt werden.

Die vier Pilotkurse sollen selbsttragend durchgeführt werden. Die Organisation wird durch den Berichterstatter anfangs 1998 an die Hand genommen. Derzeit sind die Zusagen der Verbände SIA und SWKI vorhanden.

## Literatur

- [1] SIA V 382/3 Bedarfsermittlung für lüftungstechnische Anlagen, Ausgabe 1992
- [2] Beschreibung des Rechenprogramms DOE-2, EMPA, Abt. Haustechnik, 1997
- [3] G. Zweifel: Thermische Simulation von Gebäuden; Schlussbericht EMPA/BEW 147 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] W. Gygli: Eingabeprogramm zur Bedarfsermittlung nach SIA 382/3 mit DOE-2; Dokumentation
- [6] SWKI Richtlinie 95-3 „Jährlicher Energiebedarf von lüftungstechnischen Anlagen“, 1997
- [7] Arbeitshilfe zum Bedarfsnachweis Kühlung und Befeuchtung; Merkblatt BEW / Konferenz der kantonalen Energiefachstellen, ad-hoc Arbeitsgruppe Nr. 1, 1997, EDMZ Best.-Nr. 805.163 d
- [8] A. Schenk: Validierung des Programms SIA 382/3; Diplomarbeit ZTL, Abt. HLK, 1997
- [9] U. Steinemann, T. Frank, G. Zweifel: Parameterstudie zum Bedarfsnachweis Kühlung gemäss SIA 382/3 – Vergleich der Simulationsprogramme DOE-2 und HELIOS; Validierungsbeispiel; EDMZ-Best. Nr. 805.160 d
- [10] Weiterbildungskurse ZTL/ATIS 1997/98: Kursprogramm; Kurs Z13