

# Überlegungen zur Entwicklung der branchenspezifischen Software



**Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung – speziell die Heizungs- und Klimaanlage – werden mit modernster Rechentechnik bemessen und mit ausgefeilten DDC-Programmen betrieben. Eine weitere Verbesserung erscheint fast ausgeschlossen. Dennoch schreitet die Entwicklung der Rechnerhardware pausenlos voran. Die Software auf dem TGA-Gebiet indes bleibt gegenüber dieser Entwicklungsgeschwindigkeit zurück, und die vorhandenen Möglichkeiten werden nicht in der angebotenen Tiefe genutzt.**

**Die Bewertung der Gründe für diese Entwicklung, die nachfolgend aufgeführt werden, läßt nicht auf eine kurzfristige Änderung hoffen. Leider dominiert sehr oft die Form über den Inhalt. So bestechen die Rechenprogramme mit tollen Bedieneroberflächen und ausgezeichnetem Handling meist mehr als mit den oft simplen fachlichen Inhalten.**

*Dr.-Ing. habil. Bernd Glück, Hamburg*

Die unzureichende Entwicklung der Software auf dem TGA-Gebiet haben mehrere objektive, marktspezifische und subjektive, gewerkespezifische Gründe verursacht:

- Ein Investor, der als Vermieter auftritt, bezieht üblicherweise in seinen Bilanzkreis die Betriebskosten, die die Nutzer zu tragen haben, nicht mit ein. Von ihm geht somit kein Entwicklungsdruck auf eine optimierte Anlage aus.

- Die übliche Software zur Anlagenbemessung ahmt die Handrechnung nach. Ihre Ersteller werben sogar damit, daß die Ergebnisse die festüberlieferten, manuellen Arbeitsschritte gut erkennbar wiedergeben. Die früher üblichen Rechengänge enthielten aber bewußt Vereinfachungen, um diese handhabbar und in der Regel iterationsfrei zu gestalten. Die vorhandenen Stärken der Rechentechnik werden somit meistens nicht genutzt.

- Bei der Gestaltung von Normen und Richtlinien verläßt man nur in äußersten Ausnahmefällen traditionelle Darstellungen, die fast ausschließlich auf die Handrechnung orientieren. Algorithmen, die nur mit Rechenprogrammen abarbeitbar sind, finden kaum Beachtung.

- An den Universitäten und Fachhochschulen beinhaltet die Forschung und Lehre kaum die umfassende Optimierung von Heizungs- und Klimaanlage, schon gar nicht das Einbeziehen der Gebäude. Konventionelle Bemessungsverfahren und Teil-

optimierungen bilden die üblichen Lehrinhalte.

- Forschungs- und Entwicklungskapazitäten existieren nur in den Großunternehmen der Produkthersteller, der Anlagenbauer und der Ingenieurbüros. Sie sind in der Regel mit Produktentwicklungen und dynamischen Lastermittlungen, in sehr geringem Umfang mit der Entwicklung von speziellen und allgemeingültigen Berechnungsunterlagen für Systeme befaßt. Diese Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten erfolgen nicht umfassend und werden aus Konkurrenzgründen in der Regel auch nicht offengelegt. Die erzielten Ergebnisse sind partiell sehr hoch zu bewerten, verkörpern aber nicht den Standard der Branche und sind von geschlossenen Konzepten noch weit entfernt.

- Die Softwarehäuser setzen meistens nur die bekannten Regeln der Technik in Programme um. Eine inhaltliche Weiterentwicklung ist ihnen aus finanziellen Gründen nicht möglich. Da ihr Kundenkreis vom Handwerksbetrieb bis zum Ingenieurbüro reicht, werden auch in Zukunft keine speziellen Programmentwicklungen zu erwarten sein. Es sei denn, es handelt sich um eine auftragsbezogene Erarbeitung, die in der Regel aber durch ein einzelnes Unternehmen nicht finanzierbar ist. Das „Know-how“ der Softwarehäuser bezieht sich in erster Linie auf den Datenverbund und eine rationelle, anwenderfreundliche Abarbeitung der Programme.

## Beispiel: Bemessung einer Zweirohrheizung

Die ausführliche Darstellung dieses Beispiels soll drastisch - evtl. etwas überzeichnet - auf den derzeitigen Stand hinweisen. Dabei werden die theoretisch möglichen, exakten Schritte beschrieben und den realüblichen Schritten gegenübergestellt.

### 1. Theoretisch möglicher Schritt

Heizlast wird heizsystemabhängig als Zeitfunktion berechnet.

### 1. Vereinfachung

Der Heizsystemeinfluß auf die Heizlast wird ignoriert. Dies ist in den üblichen Fällen der Raumheizung ohne weiteres akzeptabel. Bei der Gegenüberstellung von konventionellen Luft- und Strahlungsheizungen - vor allem in Hallen - ergeben sich jedoch nicht zu vernachlässigende Unterschiede.

### 2. Vereinfachung

Speichereffekte und meteorologische Einflüsse gemäß Testreferenzjahr werden teilweise unterdrückt, man arbeitet nur mit statistischen Mittelwerten bzw. mittleren Extremwerten.

### 1. Realüblicher Schritt

Berechnung des Wärmebedarfs nach DIN 4701!

### 2. Theoretisch möglicher Schritt

Optimierte Auslegung der Warmwasserheizung mit dem Ziel der besten Leistungsanpassung, so daß die Abweichungsquadrate zwischen Wärmeliefer- und Wärmebedarfsgrad über die Betriebszeit integriert ein Minimum ergeben.

### 3. Vereinfachung

Die Bemessung des Heizsystems wird für Vollast bei Übereinstimmung des Wärmeliefer- und Wärmebedarfsgrades vorgenommen.



### 3. Theoretisch möglicher Schritt

Optimierte Auslegung der Warmwasserheizung mit dem Ziel minimaler Jahreskosten (Investitions- und Betriebskosten) bei Gewährleistung der hydraulischen und kalorischen Nebenbedingungen. Dabei wird die Rohrabkühlung berücksichtigt und die Heizflächenauswahl für die reale, logarithmische Übertemperatur getroffen.

### 4. Vereinfachung

Einheitliche Heizflächenauswahl wird für konstante Vorlauftemperatur und Spreizung durchgeführt.

### II. Realüblicher Schritt

Heizflächenauswahl für konstante thermische Systembedingungen!

### 4. Theoretisch möglicher Schritt

Optimierte Auslegung des Rohrnetzes und der Umwälzpumpe mit dem Ziel minimaler Jahreskosten bei Gewährleistung der hydraulischen Nebenbedingungen unter Berücksichtigung des thermodynamischen Umtriebsdruckes.

### 5. Vereinfachung

Die Bemessung des Rohrnetzes wird nach Vorgabe des Pumpendifferenzdruckes vorgenommen.

### 5. Theoretisch möglicher Schritt

Optimierte Auslegung des Rohrnetzes bei vorgegebenem Pumpendruck mit dem Ziel minimaler Rohrnetzkosten bei Gewährleistung der hydraulischen Nebenbedingungen unter Berücksichtigung des thermodynamischen Umtriebsdruckes.

### 6. Vereinfachung

Bemessung des Rohrnetzes nach Standardvorgaben für die Geschwindigkeit bzw. den spezifischen Druckverlust.

### 7. Vereinfachung

Thermodynamischer Umtriebsdruck bleibt unberücksichtigt.

### III. Realüblicher Schritt

Rohrnetz bemessung nach Standardvorgaben ohne Optimierungskriterien!

Unabhängig von der Inanspruchnahme der letzten Vereinfachung ist festzustellen, daß die Bemessung mit der derzeit handelsüblichen Software unter dem technischen Niveau des Jahrhundertanfangs liegt. Zwingende Voraussetzung für die Funktionstüchtigkeit der Schwerkraftheizungen von großen öffentlichen Bauten oder kleinen Etagenheizungen war die Ermittlung der Systemtemperaturen und der Auftriebsdrücke. Die vorgenannten theoretisch möglichen Schritte sind keine Utopien, sondern zahlreiche geschlossene Theorien – zumindest aber partielle Lösungen – existieren bereits.

Sie sind schrittweise durch offene Strukturen realisierbar. So sollte z. B. die „Heizflächenauswahl“ stets als ein Unterprogramm der „Systembemessung“ laufen. Damit wäre es in Programme für Zweirohrsysteme mit und ohne Berücksichtigung der Rohrabkühlung genauso einzubinden, wie in Programme für Einrohrsysteme.

Derzeit befindet man sich mit der starken Vereinfachung, die Heizflächenauswahl für konstante thermische Bedingungen vor der Systembemessung vorzunehmen (II. Realüblicher Schritt), jedoch in einer Sackgasse. Jede Programmweiterentwicklung – Zweirohrheizung mit Rohrabkühlung oder Einrohrheizung – bedarf eines völlig neuen Programmablaufs. Leider werden aus Kostengründen oftmals „angepaßte“ Lösungen ergänzend programmiert, die dann die klare, offene Struktur vermissen lassen.

## Prüfung der Programme

Die den Programmen zugrunde liegenden Algorithmen müssen Bestandteil der Programmdokumentationen sein, denn der Anwender – speziell der Anlagenbauer, der für die Funktionstüchtigkeit der Anlage voll verantwortlich zeichnet – muß natürlich die Einsatzgrenzen, verwendeten Modelle und eingeführten Approximationen kennen, um sie für den Anwendungsfall bewerten zu können. Verantwortungsbewußte Anwender kaufen nur Software mit offengelegten Algorithmen, denn es gibt nach wie vor keine von einem unabhängigen Gremium getestete und zertifizierte Software.

Die zu bevorzugende Überprüfungsmethode ist ein kritisches Nachvollziehen des Berechnungsgangs, gekoppelt mit einer schrittweisen Testung des Programms. Bei Bemessungs- und Optimierungsprogrammen können die Ergebnisse auf die technische Funktionstüchtigkeit durch eine Gegenrechnung mit herkömmlichen Berechnungsmethoden überprüft werden. Der eigentliche Optimierungsalgorithmus entzieht sich dabei allerdings der Überprüfung. Sehr kompliziert ist die Verifikation der Simulationsprogramme. Der vielfach vertretenen Meinung, daß diese Programme durch einen Vergleich mit praktischen Messungen am realen Objekt validierbar sind, kann nicht zugestimmt werden. Die Zahl der Einflüsse auf das Ergebnis ist zu groß, und ihre Bindungen sind oft nur stochastisch, so daß eine beispielhafte Übereinstimmung von Theorie und Praxis zwar eine notwendige aber keine hinreichende Bedingung für die Richtigkeit der Simulationssoftware ist. Auch die praktizierten kostspieligen, internationalen Vergleichsrechnungen liefern keinen tieferen Erkenntnisstand.

Erschreckend sind auch die Fehlerquellen, die bei der handwerklichen Umsetzung guter Algorithmen passieren und lange Zeit unentdeckt bleiben.

## Beispiel: TRNSYS-Gebäudemodul

Zur Ermittlung des im Jahresgang sich einstellenden Raumklimas bzw. zur Ermittlung der Energieaufwendungen bei vorgegebenem Raumzustandsbereich werden im Hause ROM die Programmsysteme TRNSYS von Solar Energy Laboratory der Universität Madison und BLAST von Department of Mechanical & Industrial Engineering der Universität Urbana eingesetzt. Weltweite Nutzergemeinschaften beteiligen sich an der Weiterentwicklung dieser vielseitigen Software.

Anfang 1992 wurde die TRNSYS-Version 13.1 durch den für Deutschland zuständigen Distributor ausgeliefert. Zum Umfang gehörten die kompletten Quelltexte in der Programmiersprache FORTRAN 77 (Standard). Das Übersetzen des Quelltextes in die Maschinensprache PC (386er Prozessor) erfolgte zunächst mit dem LAHEY-FORTRAN-Compiler (Fa. Lahey Computer Systems, Inc.). Das übersetzte Programm führte Simulationsrechnungen ohne erkennbare Beeinträchtigungen aus. Ein Ergebnis für einen typischen Büroraum (4,2 m × 5,0 m × 3,2 m) zeigt *Bild 1*. Der gleiche Raum mit BLAST berechnet, ergab ein völlig verändertes Lastverhalten (*Bild 2*). Die Ursachenforschung – von Dr. Starke, ROM Systementwicklung, Grundlagen der Gebäudetechnik, durchgeführt – war äußerst zeitaufwendig.

Als die TRNSYS-Version mit dem leistungsstarken NDP-Fortran-Compiler erneut übersetzt wurde, stürzte das Programm ständig ab. Mit einem zum NDP-Compilersystem gehörigen Debugger (Fehlersuchprogramm), der auf Quelltextebene arbeitet, gelang es, die Ursache – einen schweren FORTRAN-Programmfehler im Gebäudemodell (nichtinitialisierte Variable bzw. Nichtübereinstimmung zwischen dem Typ der formalen und aktuellen Parameter bei Aufruf eines Unterprogramms) – zu lokalisieren. Nach Beseitigung des Fehlers im Quelltext und erneuter Übersetzung in die Maschinensprache sowohl mit dem LAHEY- als auch mit dem NDP-Compiler waren beide Ergebnisse erwartungsgemäß gleich (*Bild 3*). Sie zeigten gute Übereinstimmung mit BLAST (*Bild 2*).

Sehr problematisch war, daß im ersten Fall (LAHEY-Compiler) der triviale Programmierfehler nicht erkannt wurde und die Ergebnisse „zufällig“ beeinflusst werden! Die Zufälligkeit ergibt sich aus der gerade aktuellen Belegung des Hauptspeichers im Rechner.



sen der Zensur unterliegen. Die Rechen-technik nach Form und Inhalt ist von größter Bedeutung für das Ansehen des Standes, den sie vertritt.“

Prof. *Rietschel* äußerte sich auf dem XIII. Kongreß im Jahre 1913 in Köln recht bissig zur Qualität der Fachpublikationen der damaligen Zeit. In seinen Ausführungen wurden „Fachartikel“ durch „Rechenprogramm“ und „Presse“ durch „Rechentech-nik“ ersetzt, woraus die vorstehende Äußerung entstand. Wenn Prof. *Rietschel* schon so harte Kriterien für die Fachpubli-kationen forderte, dann müßte dies erst recht für Programme gelten. Denn diese werden tausendfach, meistens in „black-box-Form“ ohne kritische Betrachtung der Einsatzgrenzen genutzt.

### **Forderungen an eine zeitgemäße Software**

1. Eine zeitgemäße Software muß sich durch eine offene, erweiterungsfähige Struktur auszeichnen. Bei der Erstellung dieser Struktur sollten die allgemeinen technischen Forderungen – unabhängig vom derzeitigen Realisierungsstand – als theoretisch mögliche bzw. eigentlich erforderliche Schritte aufgenommen werden.

Inwieweit diese dann tatsächlich mit Programmen zu hinterlegen sind oder aus Gründen mangelnder Erkenntnisse, zu hoher Kosten, zu langer Rechenzeiten bzw. übertriebener oder vorgetäuschter Genauigkeiten entfallen oder aber durch einfache Approximationen überbrückt werden, ist eine sekundäre Entscheidung.

2. Die Software ist regelmäßig zu aktualisieren, was bei einem Aufbau nach Punkt 1 relativ einfach sein dürfte, da es in der Regel keiner Änderung des strukturellen Aufbaues bedarf.

3. Es erscheint zweckmäßig, gleich strukturierte Programme, je nach Anwenderinteresse und Einsatzzweck, mit unterschiedlichen Algorithmen zu bestücken. Damit könnte man dem Handwerksbetrieb und dem anspruchsvollen Ingenieurbüro gleichermaßen entsprechen.

4. Die fachlichen Inhalte der Programme, die Randbedingungen und die Einsatzgrenzen sind detailliert offenzulegen.

5. Technische Sachverhalte, die sich mit genügender Genauigkeit nur durch EDV-Programme wiedergeben lassen, sollten in den entsprechenden Normen oder Richtlinien unbedingt auch mit entsprechenden Algorithmen für die Kerninhalte angegeben werden. Dabei ist die genaue Datenstruktur in Form von Flußbildern oder Quellcodes zu veröffentlichen (was endlich in der

VDI 3820 festgeschrieben wurde), da – wie die Erfahrung zeigte – bei allgemeiner Beschreibung und individueller Programmierung zahlreiche Fehlerquellen gegeben sind. Dies betrifft z. B. nahezu alle Simulationsbetrachtungen, so auch beispielsweise die VDI 2078 (Kühllast). Häufig wird jedoch versucht, unzulässige Vereinfachungen einzuführen, um die Ergebnisse noch manuell ausweisen zu können. Die diesbezügliche Aussage in der VDI 3820 ist nicht zwingend genug.

6. Die Software-Entwickler sollen baldmöglichst ein Qualitätssicherungssystem einführen. Grundpfeiler müssen dabei klare Strukturen in den fachlichen Inhalten und ein akurater auf Fehlervermeidung ausgerichteter Programmstil sein. Bei der Programmentwicklung sollten modernste Compilersysteme genutzt werden, die eine Fehlersuche auf Quelltextniveau möglich machen.

7. Die Programminhalte müssen durch Dritte überprüfbar sein. Verstärkt sollten sich Verbände der TGA-Branche dieser Aufgabe annehmen, haben doch marktgängige Programme mindestens gleichgroße Nutzungsfrequenzen wie z. B. VDI-Richtlinien und stellen gleichermaßen ein Aushängeschild unserer Gewerke dar. Angeregt wird ein freiwilliges Zertifizierungsverfahren. [H 448]