

Beiträge zur Berechnung solarthermischer und exergieeffizienter Energiesysteme

Von der Fakultät Maschinenwesen
der Technischen Universität Dresden

zur

Erlangung des akademischen Grades
Doktoringenieur (Dr.- Ing.)

angenommene

Dissertation

Dipl.- Ing. Andreas Gassel

geb. am 12. April 1967 in Stendal

Tag der Einreichung: 5. Dezember 1996

Tag der Verteidigung: 19. Juni 1997

Vorsitzender der Prüfungskommission:

Prof. Dr.-Ing. habil. G. Sörgel

Gutachter:

Prof. Dr.- Ing. habil. A. Dittmann

Prof. Dr.- Ing. habil. B. Reetz

Priv.-doz. Dr.- rer. nat. U. Rindelhardt

Danksagung

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als Promotionsstudent am Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung der Technischen Universität Dresden.

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr.- Ing. habil B. Reetz für die Anregung und Unterstützung der Arbeit und Herrn Prof. Dr.- Ing. habil. A. Dittmann für die stetige Betreuung und Förderung.

Darüber hinaus danke ich für die finanzielle Absicherung der Kommission zur Vergabe von Promotionsstipendien und der Hans-Sauer-Stiftung sowie für die Finanzierung der Meßtechnik in Oederan der Stadtbau- und Wohnungsverwaltungsgesellschaft Oederan, der Firma AIC in Chemnitz und der Firma Johnson-Controls in Dresden.

Weiterhin danke ich Herrn Priv.- Doz. Dr.- rer. nat. habil U. Rindelhardt und Frau Dr. rer. nat. D. Brünig vom Forschungszentrum Rossendorf, Frau Dr.- Ing. K. Rühling und Herrn Dipl.- Ing. D. Reichel von der TU Dresden, Herrn Dr.- Ing. Kallweit, sowie meinem Bruder, Dr.- Ing. N. Gassel, für wertvolle Anregungen und klärende Gespräche.

Ebenfalls danke ich den Studenten, die ich während meines Promotionsstudiums betreuen durfte. Mein Dank gilt besonders Herrn Th. Weber, Herrn Th. Doltze, Herrn J. Schlundt und Frau S. Nowak.

Dresden, im Juli 1997

Andreas Gassel

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1. Problemstellung	1
1.2. Stand der Wissenschaft	3
1.3. Vorgehensweise	5
2. Grundlagen	6
2.1. Meteorologische Bedingungen	6
2.1.1. Grundgrößen	6
2.1.2. Klimazonen	6
2.1.3. Lang- und mittelfristige Klimaentwicklung	9
2.1.4. Datenbereitstellung	10
2.1.5. Die Eigenschaften der verwendeten Wetterdateien	11
2.2. Strahlungsberechnung	15
2.2.1. Die extraterrestrische Strahlung	15
2.2.2. Trübungshypothese	17
2.2.3. Direkte und diffuse Strahlung	19
2.2.4. Strahlung auf geneigte Flächen	21
2.2.5. Strahlungsrückrechnung	22
2.2.6. Isoheliendiagramm	26
2.3. Das Simulationsprogramm TRNSYS	27
2.3.1. Prinzip	27
2.3.2. Das TRNSYS-Deck	28
2.3.3. Konvergenz und Genauigkeit	31
2.3.4. Die Modellierung des Gebäudes	32
2.3.5. Der TRNSYS-Variator	34
2.4. Berechnung des Jahresheizwärmeverbrauchs	36
2.4.1. Normgebäudewärmebedarf	36
2.4.2. Jahresheizwärmebedarf	37
2.4.3. Untersuchung eines Einfamilienhauses	38
2.4.4. Untersuchung eines Mehrfamilienhauses	39
2.4.5. Kapitelzusammenfassung	43
2.5. Warmwasserbedarf	44
2.5.1. Bedarfsgrößen	44
2.5.2. Bedarfsgänge	45
2.6. Klimatisierungsbedarf	47
2.6.1. Bedarfsträger	47
2.6.2. Berechnungsmethoden	47
2.6.3. Kühltyp	49

2.7. Energieverteilung mittels Fernwärme	51
2.7.1. Vor- und Nachteile	51
2.7.2. Technische Varianten	51
2.7.3. Energetische und wirtschaftliche Kriterien	53
2.7.4. Das Fernwärmenetz Oederan	55
2.8. Kostenrechnung	57
3. Versorgungsvarianten	59
3.1. Exergieeffiziente Erzeuger	59
3.1.1. Exergetische Begründung	59
3.1.2. Kraft-Wärme-Kopplung	61
3.1.3. Berechnung von Wärmepumpenanlagen	65
3.1.4. Der TRNSYS-Tagesgangliniensortierer	67
3.2. Solaranlagen zur Gebäudeheizung	70
3.2.1. Varianten	70
3.2.2. Kollektorarten	71
3.2.3. Wärmepeicherung	75
3.2.4. Ausgeführte Anlagen	77
3.2.5. Optimierung einer Beispielanlage	80
3.3. Solare Klimatisierung	91
3.3.1. Varianten	91
3.3.2. Simulation mit TRNSYS	93
3.3.3. Betriebsverhalten anhand eines Beispiels	95
3.3.4. Überschlägige Kostenermittlung	96
3.3.5. Vorstellung einiger Beispielanlagen	100
3.3.6. Zusammenfassung	101
4. Die solare Warmwasserbereitung mit Berücksichtigung von Messungen	101
4.1. Schaltungsvarianten	101
4.2. Meßtechnische Überwachung der Solaranlagen in Oederan	103
4.2.1. Anlagenbeschreibung	103
4.2.2. Energiebilanzen im ersten Meßjahr	106
4.2.3. Energiebilanzen im zweiten Meßjahr	111
4.2.4. Temperaturverhältnisse	112
4.2.5. Eigenschaften der Wärmeübertrager	114
4.2.6. Hydraulisches Verhalten	115
4.2.7. Kosten	118
4.2.8. Simulation und Optimierung	119
4.2.9. Bewertung	123
4.3. Auslegung solarer Warmwasserbereitungsanlagen	125
4.3.1. Anlagengröße	125
4.3.2. Einfluß der Kolektorausrichtung	126
4.3.3. Parametervariation	128
4.3.4. Der Einfluß des Volumenstroms im Kollektor	129

5. Vergleich der Einsparmaßnahmen	132
5.1 Vorgehensweise	132
5.2 Einzelvergleich für einen Wohnblock	132
5.3 Einzelvergleich für eine Siedlung	134
5.4 Kombination von Kraft-Wärme-Kopplung und Maßnahmen zur Verringerung des Wärmebedarfs	136
5.5 Kombination von Kraft-Wärme-Kopplung und Solarenergie	138
5.6 Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung	140
6. Zusammenfassung	142

Formelverzeichnis

A	Fläche
A_1	Anisotropieindex
a	Annuität
b	Einstrahlungswinkelkoeffizient
c	Geschwindigkeit
E	Exergie
e	Energiepreissteigerung
H	geodätische Höhe
h	wahre Sonnenhöhe
\hat{h}	scheinbare Sonnenhöhe
i,j,k,n	Laufvariablen
I	flächenspezifische Einstrahlung, Investition
K	jahresbezogene Kosten
k	Wärmedurchgangskoeffizient, Wärmeverlustkoeffizient
m	Masse
n	Lebensdauer, Tageszahl, Heizkörperexponent
p	Zinssatz
Q	Mächtigkeitkoeffizient einer durchstrahlten Luftmasse
Q	Wärme
q	Zinsfuß
R	Wärmewiderstand
r	Relaxationskoeffizient
S	Solarkonstante
SZK	Sommerzeitkorrektur
T	Trübungsfaktor
t	Temperatur
U	Wärmeleitkoeffizient
V	Volumen
z	Summand Sonnentagslänge
α	Wärmeübergangskoeffizient
β	Neigung gegenüber der Horizontalen
γ_s	Abweichung von der Südausrichtung
γ	Azimut

δ	Dicke einer Schicht, Deklination
ε	Effektivität eines Wärmeübertragers, Leistungszahl eines Wärmepumpenprozesses
η	Wirkungsgrad, Nutzungsgrad
φ	geographische Breite
λ	Wärmeleitfähigkeit
ρ	Albedo
θ	Einstrahlungswinkel auf eine geneigte Fläche
σ	Stromkennzahl
τ	wahre Ortszeit
$\bar{\tau}$	Zonenzeit
ω	Stundenwinkel
ψ	ekliptische Länge
ϑ	Temperaturdifferenz

Indizes:

a, U	Umgebung
ab	Abgabe
b	direkt
cool	kalt
d	diffus
ex	extraterrestrisch
FW	Fernwärme
g	reflektiert
gen	Generator (Austreiber)
glob	global
h	heiz
k	kühl
i,j,k,n	Laufvariablen
i	Raum
k, koll	Kollektor
m	mittel
o, opt	optisch
PSP	Pufferspeicher
r	Rücklauf
sp	Speicher
T	definierte Fläche (Einstrahlung)
th	thermisch
v	Vorlauf
ww	Warmwasser
z	Zirkulation

Abürzungen:

EFH	Einfamilienhaus	WOZ	wahre Ortszeit
ZFH	Zweifamilienhaus	ZZ	Zonenzeit
MFH	Mehrfamilienhaus	KWK	Kraft-Wärme-Kopplung

1. Einführung

1.1. Problemstellung

Die Zukunft der Menschheit wird durch eine Reihe globaler Probleme gefährdet:

- Bevölkerungswachstum
- Bodenverschlechterung und Wüstenausbreitung
- Umweltverschmutzung mit den Hauptfeldern:
 - Treibhauseffekt
 - Ozonloch und Ozonausdünnung
 - Waldsterben
 - Wasserverschmutzung, Eutrophierung und Nitratbelastung
 - Haus- und Sondermüll
 - Schwermetallanreicherung
 - Allergene
- Ressourcenerschöpfung

Die Energiewirtschaft ist an der Verursachung der meisten Probleme wesentlich beteiligt, besonders aber am Treibhauseffekt. Daher sind die Lösungsmöglichkeiten verstärkt in diesem Themenbereich zu suchen. Die Bundesregierung hat 1990 beschlossen, die energiebedingten CO₂-Emissionen bis 2005 um 25 % zu senken. Um die weltweite Temperaturzunahme aufzuhalten, die bereits heute durch die Zunahme von Naturkatastrophen große wirtschaftliche Schäden hervorruft, ist jedoch eine Verringerung um 50 % notwendig /1/. Angesichts der steigenden Erdbevölkerung und zunehmender Industrialisierung vieler Entwicklungsländer ist dies eine besonders schwere Aufgabe.

Neben der Energieeinsparung, dem Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung und der Zunahme des Erdgaseinsatzes, deren Potentiale begrenzt sind, wird dies nur durch den Einsatz nichtfossiler Energieträger möglich sein. Dabei muß auch unterschieden werden, in welchem Maße die Endenergiearten Strom (BRD 1992: 467,2 Mrd. kWh/a /2/) und Wärme (BRD 1992: 1272,3 Mrd. kWh/a /2/) bereitstellbar sind.

Aus Tabelle 1 geht hervor, daß nur Sonnen- und Kernenergie in der Lage sind, einen großen Anteil am Energieverbrauch abzudecken. Die Kernenergie wird in Deutschland und einigen anderen bedeutenden Industriestaaten momentan gesellschaftlich nicht akzeptiert. Risiken und Entsorgungsprobleme sprechen gegen einen weiteren Ausbau. Aus Kernenergie wird gegenwärtig fast nur Strom erzeugt, da schlechte Stromkennzahlen aufgrund sicherheits- und kostenbedingt niedriger Dampfparameter und große Entfernungen zu den Abnehmern die Wärmeauskopplung behindern.

Tabelle 1: Nichtfossile Energieträger

Quelle	technisches Potential		Endenergie	Einschränkungen
	weltweit	BRD		
Wasserkraft	bis zu 10 %	2 %	Strom	Landschaftszerstörung
Wind	bis zu	10 %	Strom	Lärm, Vogelschutz, Ästhetik
Erdwärme	wenige	%	Wärme, Strom	Risiko geologischer Veränderungen
Gezeiten	wenige %	0	Strom	Landschaftszerstörung
Sonne	einige 10 %	einige %	Wärme, Strom	Kosten, Flächenbedarf
Kernenergie	einige	10 %	Strom, Wärme	Betriebsrisiko, Entsorgung
Biomasse	bis zu 10 %	einige %	Wärme, Strom	Bodenzerstörung durch Monokultur

Das theoretische Potential der Sonnenenergie ist gewaltig. Den Rand der Atmosphäre treffen jährlich $1,51 \cdot 10^{18}$ kWh. Der Primärenergieverbrauch der Welt lag 1989 bei $9,76 \cdot 10^{13}$ kWh. Es strahlt also 160000 mal so viel ein, wie verbraucht wird.

Die Strahlung unterliegt einer beträchtlichen Schwächung in der Atmosphäre, was vor allem die gemäßigte Klimazone betrifft, in der der Energiebedarf relativ groß ist. In besonderem Maße wird hierbei die gut nutzbare direkte Sonnenstrahlung verringert. Weiterhin liegt das Strahlungsmaximum im Sommer, während der Energiebedarf, speziell für Raumheizung, im Winter besonders hoch ist. Die Nutzung der Solarenergie ist nicht nur ein Umwandlungsproblem, sondern auch ein Speicherungs- und Transportproblem. Außerdem sind in den Industrieländern nur begrenzt Flächen verfügbar, in Deutschland fast nur die Dachflächen der Gebäude, wobei diese für die Deckung des Energiebedarfs wahrscheinlich ausreichen

Der Nutzung von Solarenergie stehen gegenwärtig vor allem die großen Kosten entgegen, die zur Unwirtschaftlichkeit im Vergleich zu den momentan relativ preiswerten fossilen Energieträgern führen. Daß deren Einsatz eingeschränkt werden muß, steht jedoch außer Frage. Es bleibt zu untersuchen, wie diese Reduktion in Abhängigkeit vom Zielwert und der zur Verfügung stehenden materiellen Mittel durch einen Einsatz der drei Möglichkeiten Energieeinsparung, Kraft-Wärme-Kopplung und Solarenergieeinsatz bzw. entsprechender Kombinationen erfolgen soll.

Schwerpunkt dieser Untersuchung ist die Energieversorgung von Mehrfamilienhaussiedlungen mit Nahwärmenetzen. Flankierend wird ein Überblick über Einfamilienhäuser niedrigen Wärmebedarfs und die solare Klimatisierung von Büro- und Gewerbeobjekten gegeben.

Eine Einordnung der genannten energiewirtschaftlichen Maßnahmen in die gesamte Energiestruktur Deutschlands ist zu komplex und muß späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Die Untersuchung des Solarenergieeinsatzes wird auf Warmwasserbereitung, Heizung mit saisonaler Speicherung und Klimatisierung beschränkt. Photovoltaikanlagen werden aufgrund extrem hoher Kosten und einer schlechten Ökobilanz und solarthermische Kraftwerke aufgrund fehlender Einsatzmöglichkeiten in Deutschland nicht betrachtet.

Solare Schwimmbad-Wassererwärmung hingegen ist bereits als Stand der Technik anzusehen, besitzt den geringsten Forschungsbedarf aller Möglichkeiten der Solarenergienutzung und hat nur einen geringen Anteil am Gesamtwärmebedarf. Auch auf deren Untersuchung wird daher verzichtet

1.2. Stand der Wissenschaft

Die drei besonders aussichtsreichen Möglichkeiten zur Verringerung des Primärenergieverbrauchs Energieeinsparung, Kraft-Wärme-Kopplung, und Solarenergienutzung sind zwar in unterschiedlichem Maße, aber doch insgesamt relativ intensiv erforscht worden. Die Aufgabe des Autors konnte daher nicht in dem Aufbau neuer Gedankengebäude, sondern nur in der Bewertung, Erweiterung und Verbesserung des Bestehenden liegen. Daher stellt diese Arbeit eine Summe von Einzelerkenntnissen mit dem Ziel einer Zusammenfassung zum System dar.

Die meiste Literatur liegt auf dem Gebiet der **Heizwärmeeinsparung** vor. Besonders sind hierbei die Werke von Feist /3/, Stubenitzky /4/ und Humm /5/ zu erwähnen. Weiterhin liegt in Form der DIN 4701 "Berechnung des Wärmebedarfs von Wohngebäuden", der VDI 2067 Teil 2 "Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen Teil 2 - Raumheizung" und der 3. Wärmeschutzverordnung ein umfassendes Normenwerk vor. Es sind jedoch nicht immer hinreichend fundierte Angaben zur Verringerung des Jahresheizwärmebedarfs durch einzelne Einsparmaßnahmen enthalten. Es wurde daher eine Nachrechnung mit dem Simulationsprogramm TRNSYS vorgenommen, mit konkreten Meßwerten abgeglichen und die Ergebnisse mit anderen Berechnungsalgorithmen verglichen.

Ebenfalls sehr umfangreich ist die Literatur zur **Kraft-Wärme-Kopplung**, zum Beispiel das Handbuch der Energietechniken /6/ und die Praxis Kraft-Wärme-Kopplung /7/. Probleme bereitet gegenwärtig die Umsetzung der entsprechenden Planungsrichtlinie des VDI (VDI 2067 - Teil 7) in die Praxis. Die Anwendung des vorgesehenen Tagesganglinienverfahrens scheitert am Fehlen statistisch gesicherter Linien des Wärmebedarfs. In der vorgelegten Arbeit wird das Simulationsprogramm TRNSYS mit einem Unterprogramm für die Tagesganglinienerstellung erweitert und die Zweckmäßigkeit von strahlungs- und temperaturdominierter Tageseinteilung untersucht.

Über **Wärmepumpentechnik** existiert umfassende technische Literatur /8/, während Auslegung und Ertragsprognose nur in sehr vereinfachter Art und Weise dargestellt und beschrieben werden. Die entsprechende Richtlinie des VDI (VDI 2067 - Teil 6) basiert nur auf einem Jahresganglinienverfahren.

Im Bereich der **solaren Warmwasserbereitung** liegt vor allem praktische Literatur vor. Besonders hervorgehoben seien Ladener /9/, Wagner /10/ und Weiss /11/. Wissenschaftliche Werke behandeln zumeist sehr spezielle Themen, wie Lazarov /12/ neuartige selektive Schichten oder Spirkel /13/ die mathematische Umsetzung von Meßwerten in Parameter. Kosten und energetische Eigenschaften von Kleinanlagen werden in Marktübersichten /14/ und Veröffentlichungen der Stiftung Warentest /15/ dargestellt. Über Auslegung und Messungen an Großanlagen existieren nur Veröffentlichungen in Tagungsbänden /16/, aber keine umfassenden Berichte.

Projekte der **solaren Beheizung von Einfamilienhäusern** werden in hinreichender Weise in deutscher /17/; /4/ und schweizerischer /18/ Literatur beschrieben: Untersucht werden vor allem die regionale Einordnung, Kosten und energetische Erträge. Betrachtungen zum Betriebsverhalten und zur optimalen Auslegung sind bei Streicher /19/ zu finden.

In Schweden gibt es eine Reihe **solarer Heizungsanlagen mit saisonaler Speicherung in Nahwärmenetzen**, die sehr gut von Dalenbäck /20/ beschrieben und umfassend untersucht wurden. Deutsche Arbeiten befassen sich nur mit Konzeptionen, da noch keine Anlagen errichtet wurden. Fisch et al. /21/ untersuchten mehrere Standorte in Deutschland auf ihre Eignung und betrachteten zwei Standorte hinsichtlich Kosten und Erträgen. Angaben zur optimalen Auslegung und Parametervariationen erfolgten nur in eingeschränktem Maß, zum Betriebsverhalten überhaupt nicht. Jahn /22/ untersuchte einen Standort in Bremen. Auch hier wurde der Schwerpunkt auf Speicherkonzepte, Kosten und Erträge gelegt.

Umfassende Veröffentlichungen über Erfahrungen mit **größeren solaren Klimatisierungsanlagen** liegen nicht vor. Von Arnold /23/ wird eine Anlage mit Absorptionskältemaschine von 7 kW Kälteleistung beschrieben. Der Autor konzentriert sich sehr stark auf das photovoltaisch versorgte Pumpsystem des Kollektorkreises. Andere Arbeiten behandeln Weiterentwicklungen von Absorptionssystemen /24/ und /25/ oder direkt in die Luftbehandlung geschaltete Adsorptionssysteme /26/.

Es fehlen Untersuchungen an real eingesetzten, solar beheizten Sorptionskaltwassersätzen in Klimaanlageanlagen. Dies ist insofern verständlich, da es auch nur sehr wenige derartige Systeme gibt. Es bestand Bedarf, Betrachtungen zu Auslegung, Erträgen und Kosten durchzuführen. Als Hilfsmittel mußte auch hier die Computersimulation eingesetzt werden.

Das für alle solaren Energiesysteme relevante Problem der **Strahlungsumrechnung** wird in vielen Veröffentlichungen und der Mehrzahl der Lehrbücher der TGA angeschnitten. Umfassend behandelt wird zumeist nur die exakt durchführbare Berechnung direkter Strahlung. Das Problem des Diffusanteils und dessen Verteilung wird nicht oder nur mit unzulässig vereinfachten Ansätzen beschrieben. Eine relativ gute Darstellung liefern Reindl /27/, Perez /28/ sowie Hay und Davis /29/. Es bestand die Notwendigkeit, Untersuchungen für deutsche Klimaverhältnisse nachzuvollziehen und die angebotenen Alternativen gegeneinander abzuwägen.

In der Literatur konnten keinerlei Betrachtungen zum Problem der Rückwärtsrechnung, also der Umrechnung von geneigten Flächen auf die Horizontale, aufgefunden werden. Auch zu diesem in der meßtechnischen Praxis relevantem Problem bestand Forschungsbedarf.

Alle vorliegenden Literaturstellen behandeln ausschließlich Einzelbereiche. Je nach Ergebnissen, aber auch nach umweltpolitischen Standpunkt wurde entweder in der Energieeinsparung, der Kraft-Wärme-Kopplung, oder der Solarenergienutzung die ultimative Lösung gesehen. Es wurde daher notwendig, einen **Vergleich der einzelnen Optionen** vorzunehmen. Besonders die Konkurrenz von Solarenergie und KWK birgt ein höchst interessantes Spannungsfeld. Hierbei ist es wichtig, nicht nur die Wärme-, sondern auch die Stromversorgung zu berücksichtigen.

1.3. Vorgehensweise

Die Untersuchungen unterteilten sich in vier Hauptbereiche, die sich auch in der Gliederung der Arbeit widerspiegeln. Im Kapitel "Grundlagen" werden die meteorologischen Bedingungen und die Verbraucher definiert, sowie die Energieverteilung erklärt und eine Einführung in TRNSYS gegeben. Im Kapitel "Versorgungsvarianten" werden progressive Energieerzeuger, zum einen mit hoher Exergienutzung, zum anderen mit Solarenergie, vorgestellt. Das Kapitel "Solare Warmwasserbereitung" widmet sich dann speziell den durch Messungen erzielten Ergebnissen.

Im letzten Kapitel wird versucht, ein Optimum der vorgestellten Versorgungsmöglichkeiten zu bestimmen. Insbesondere war es Zielstellung, Entscheidungskriterien und -empfehlungen für den effektiven Einsatz von für die Energieeinsparung aufzuwendenden Finanzen zu erarbeiten.

Neben Literaturstudium und statistischen Auswertungen basiert die Arbeit auf zwei wesentlichen Arbeitsmethoden. Dies sind zum einen Messungen an den Solaranlagen in Oederan mit $7 \times 100 \text{ m}^2$ Kollektorfläche. Es handelt es sich um den größten Solarkomplex in Sachsen und den Drittgrößten Deutschlands. Die Anlagen dienen der Warmwasserbereitung in Wohnblöcken des industriellen Wohnungsbaus der ehemaligen DDR. Es konnten wesentliche Erkenntnisse über das Betriebsverhalten gewonnen werden. Die Anlagen wurden zum Zweck der Parameteridentifikation simuliert und Variationen mit dem Ziel der Ermittlung einer optimalen Auslegung durchgeführt. Dem gleichen Untersuchungsalgorithmus, jedoch in eingeschränkter Intensität, wurden auch die Relationen des Heizwärmebedarfs der Wohnblöcke unterworfen

Die zweite wichtige Arbeitsmethode war die dynamische Anlagen- und Gebäudesimulation mit dem Programm TRNSYS. Bereits Anfang der 70er-Jahre entwickelt, ist es erst seit der Marktdurchsetzung des PC mit 486er Prozessor vor wenigen Jahren auch außerhalb der Großrechenzentren nutzbar. Die komplizierte Bedienung verhindert jedoch noch eine weite Verbreitung. Das Programm wird laufend weiterentwickelt, so daß es in Zukunft eine immer breitere Anwendung finden wird.

Das Programm wurde für die Bestimmung des Heizwärmebedarfs von Wohngebäuden und die Untersuchung solarer Warmwasserbereitungssysteme genutzt. Vom Autor entsprechend weiterentwickelt, diente es daneben der Auslegung von Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, und der solaren Klimatisierung. Eine wesentliche Verbesserung konnte durch die Integration eines Programms zur automatischen Parametervariation erzielt werden.