

# PC-Modell für die Entscheidungsfindung beim Einsatz von Wärmepumpen

Autor(en): **Wälchli, Th. / Längin, Ed.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **106 (1988)**

Heft 35

PDF erstellt am: **13.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85792>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Sehr günstig ist die Beschäftigungslage bei den Elektro-, Maschinen- und Bauingenieuren und den Informatikern (Tabelle 2). Architekten und Kultur- und Vermessungsingenieure haben es schwerer, eine Stelle zu finden: die Beschäftigungssituation ist aber noch günstig. Mit eigentlichen Schwierigkeiten sehen sich hingegen die Forstingenieure und die Agronomen konfrontiert.

1987 waren 92% der Ingenieurabsolventen des Jahres 1986 erwerbstätig (alle Studienrichtungen 87%). Interessant ist, dass *tendenziell immer mehr Ingenieure im Dienstleistungssektor eine Beschäftigung finden*. 1983 waren es noch 3,9% der Absolventen, 1987 bereits 6,8%. Architekten und Forstingenieure weisen einen überdurchschnittlich hohen Anteil *Selbständigerwerbenden* auf (15 bzw. 21%). Im Durchschnitt beträgt der Anteil 4%. Unter diesem Prozentsatz liegen die Elektro- und Maschineningenieure.

1987 betrug das durchschnittliche jährliche Bruttoeinkommen der vollzeitlich beschäftigten Studienabsolventen Fr. 50 000. Ein merklich höheres Einkommen erzielten Informatiker, Elektro- und Maschineningenieure (Tabelle 2). Unter diesem Wert blieben hingegen Architekten, Kultur- sowie Bauingenieure. Wie es zu erwarten ist, bestätigt die Umfrage, dass der Dienstleistungssektor für einen Ingenieur höhere Löhne bezahlt als die Industrie. Ein frisch

diplomierter Maschineningenieur verdiente beispielsweise 1987 in der Industrie Fr. 59 000 im Dienstleistungssektor Fr. 63 000.

### Schlussfolgerungen

Die starke Zunahme der Studienanfänger bei den Ingenieurwissenschaften lassen auf ein deutlich gestiegenes Interesse der jungen Menschen an der Technik schliessen. Der Höhepunkt der Skepsis gegenüber der Technik scheint überschritten, diese These der zunehmenden Technikfeindlichkeit statistisch widerlegt. Denkbar ist, dass gerade die kritische Auseinandersetzung mit den Auswirkungen des technischen Fortschritts junge Menschen zu einem Engagement in diesen Berufen bewegt.

In den kommenden Jahren wird die Zahl der Ingenieurdiplome deutlich ansteigen. Bei jenen Fachrichtungen, wo bereits heute ein akuter Mangel an Nachwuchskräften besteht, dürfte dies zu keinerlei Beschäftigungsproblemen führen. Dies trifft insbesondere für die Fachrichtungen Informatik, Mikroelektronik und Elektrotechnik zu. Vielmehr trägt der Anstieg der Absolventenzahlen hier zur Entlastung des Arbeitsmarktes und zur Entschärfung der Mangelsituation bei. Hingegen können gewisse Probleme dort entstehen, wo die Absolventen bereits heute grössere

Schwierigkeiten bei der Stellensuche haben. Bedingt gilt dies für die Architekten, die Kultur- und Forstingenieure sowie die Agronomen.

Immer mehr Ingenieure arbeiten im Dienstleistungssektor, der zudem auch in der Lage ist, höhere Löhne zu bezahlen. Diese Entwicklung ist für die Wettbewerbsfähigkeit der Schweizer Industrie nicht ganz unproblematisch. Die Industrie wird mittelfristig nicht darum herumkommen, mit dem Dienstleistungssektor lohnmassig Schritt zu halten.

Gesamthaft gesehen sind weibliche Hochschulabsolventen häufiger von Beschäftigungsproblemen betroffen als Männer. Dies ist zu einem guten Teil darauf zurückzuführen, dass die Frauen gerade jene Studienfächer bevorzugen, bei denen besonders schlechte Beschäftigungsaussichten bestehen, namentlich bestimmte Fächer der Geistes- oder Sozialwissenschaften. Frauen, die sich für ein Ingenieurstudium entscheiden, haben nicht nur bessere Chancen, eine Stelle zu finden, sondern sie haben in den gefragten Berufen auch bessere Aufstiegsmöglichkeiten. Es ist zu hoffen, dass künftig mehr Frauen für das Studium der Ingenieurwissenschaften motiviert werden können.

Adresse des Verfassers: Dr. oec. publ. H. Rütter-Fischbacher, Alpenstrasse 2, 8803 Rüslikon.

## PC-Modell für die Entscheidungsfindung beim Einsatz von Wärmepumpen

**Die Luftverschmutzung ist eine ernste Bedrohung für Mensch und Natur. In den Wintermonaten mit ihren Inversionswetterlagen ist die Substitution von konventionellen, auf fossile Brennstoffe ausgerichteten Heizanlagen durch Wärmepumpen - nebst der sparsamen und rationalen Energieanwendung - eine wichtige Massnahme zur Herabsetzung der Schadstoffbelastung der Luft und damit zur Verbesserung der Lebensqualität. Durch Inbetriebnahme von elektrisch betriebenen und emissionsfrei arbeitenden Wärmepumpen kann ein aktiver Beitrag zum Umweltschutz geleistet werden.**

Zur Unterstützung der Architekten, Planer und Bauherren bei der Entscheidungsfindung für eine geeignete Wär-

VON TH. WÄLCHLI UND  
ED. LÄNGIN,  
MÜNCHENSTEIN

meerzeugungsanlage, im speziellen die Wärmepumpe, haben wir ein auf Perso-

nal-Computer einsetzbares Modell entwickelt. Der Vorteil dieses von der Elektra Birseck, Münchenstein, entwickelten und eingesetzten Modells liegt im Vergleich zu anderen bestehenden Applikationen

□ erstens bei der Möglichkeit, die Stromkosten aufgrund unterschiedli-

cher Tarifsysteme sowie unterschiedlicher, von der Tageszeit abhängiger Tarifzeiten zu ermitteln,

□ zweitens bei der Möglichkeit, den Einfluss einer Speicherbewirtschaftungsregelung auf den Stromverbrauch und damit auch auf die Stromkosten aufzuzeigen und

□ drittens bei der Ermittlung der Leistungszahl der Wärmepumpe aufgrund des stündlichen Temperaturverlaufs. Die für die Heizperiode massgebenden Aussentemperaturen basieren auf langjährigen Mittelwerten der Region Basel.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Produkteneutralität des Modells, d.h. es kann damit z.B. die Wirtschaftlichkeit der Wärmeerzeugungsanlagen unterschiedlicher Systeme (Wärmepumpe, Öl- und Gasheizung) sowie unterschiedlicher Fabrikate untersucht werden.

Damit überhaupt Resultate mit dem vorliegenden Modell generiert werden



**Modell Wärmepumpen**

Copyright: Elektra Birseck, Münchenstein

Projekt: Test  
Datum: 15.5.88  
Projektverfasser: Wälchli  
Variante: 1**Eingabe****Gebäude**

- Wärmebedarf SIA 384/2 (kW)	21	
bei T. innen (°C)	20	
bei T. aussen (°C)	-8	
- Raumtemperatur	20	
- Heizgrenze:	untere	obere
Temperatur (°C)	12	14
Lage im Temperaturband (%)	45	

Tabelle 1

**Speicher**

Speichertemperatur (°C)	55		
Speicherinhalt 55 °C (m <sup>3</sup> )	2	Nutzinhalt (m <sup>3</sup> )	1,9

Tabelle 2

**Wärmepumpe**

Wärmequelle: Luft: ja Wasser: nein

Betriebszustand	Aufnahme (kW)	Heizleistung (kW)	Temperatur (°C)		
			Quelle	Vorlauf	
1)	6,8	18	2	55	
2)	4,2	9,3	-15	55	(Speicher- temp.)
3) (Speicher)	6,8	18	2	55	
Hilfsbetriebe WP	0,9				
Zusatzheizung	8,5				

Tabelle 3

**Heizsystem** (Eingabe nur bei Speicher)

Betriebszustand	Aussentemp. (°C)	Vorlauf (°C)	Rücklauf (°C)
1)	20	55	55
2)	-11	55	45

Tabelle 4

**Wirtschaftlichkeit**

	WP inkl. Speicher/ Zusatzheizung	Ölheizung inkl. Tank	Gas- heizung
Kalkulatorischer Zinsfuss (%)	5,25		
Amortisationszeit (Jahre)	15		
Investitionskosten (Fr.)			
- Wärmeerzeugung	20 000	15 000	13 000
- Wärmeverteilung	21 000	21 000	21 000
R+U (% von Wärmeerzeugung)	1,5	3,5	2
Anschlusskostenbeiträge Fr.	0		2000
Raumbedarf (Fr./Jahr)	0	100	0
Kesselwirkungsgrad (%)	100	91	93
Heizwert Hu (kWh/kg bzw. m <sup>3</sup> )		11,86	9,55
Heizwert Ho (kWh/m <sup>3</sup> )			10,6

Tabelle 5

können, muss der Computer vorerst mit Informationen gefüttert werden. In der Folge werden sowohl die Art der erforderlichen Eingabedaten als auch die gewonnenen Resultate beschrieben.

**Basisinformationen****Gebäudedaten**

(Siehe Tabelle 1) Da bekanntlich in verschiedenen Kantonen bei Neubauten und grösseren Renovationen eine Wärmeleistungs-Bedarfsberechnung nach SIA 384/2 eingereicht werden muss, ist im vorliegenden Modell keine Subroutine zur Ermittlung des Wärmebedarfs vorgesehen. Der Wärmebedarf ist bei einer Innentemperatur von 20 °C sowie einer Aussentemperatur von -8 °C (Massivbauweise) bzw. -11 °C (Leichtbauweise) anzugeben. Im weiteren ist für das Gebäude die zur Erzielung einer Raumtemperatur von 20 °C erforderliche Heizgrenze einzugeben. Die Heizgrenze berücksichtigt einerseits die Aufwärmung durch externe Strahlung, andererseits auch die im Gebäude nebst der Heizung vorhandenen Wärmequellen wie Personen, elektrische Geräte usw.

Die Lage im Temperaturband charakterisiert diejenige Tagesdurchschnittstemperatur im Vergleich zum Minimum und Maximum, bei der mit der unteren bzw. oberen Heizgrenze gerechnet werden kann. Bei einer Tagesminimumtemperatur von 10 °C, einer Tagesmaximumtemperatur von 16 °C sowie einer Lage im Temperaturband von 40% würde bei einer Tagesdurchschnittstemperatur von über 12,4 °C mit der oberen, ansonsten mit der unteren Heizgrenze gerechnet. Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei in der Nähe des Tagesmaximums liegenden Tagesdurchschnittstemperaturen aufgrund der niedrigen passiven Strahlung die obere Heizgrenze angenommen werden muss.

**Speicher**

(Siehe Tabelle 2) Beim Einsatz eines Wärmespeichers mit Lade- und Entladeregulierung - also nicht lediglich eines Pufferspeichers - ist sowohl die Speichertemperatur als auch der Speicherinhalt anzugeben. Sofern ein von Wasser abweichendes Speichermedium benutzt wird, ist das Speichervolumen auf die der Speicherkapazität entsprechenden m<sup>3</sup> Wasser anzugeben. Im weiteren sollte die Speichertemperatur bei Wärmepumpen nicht über 55 °C liegen.

**Wärmepumpe**

(Siehe Tabelle 3) Mit dem vorliegenden Modell können sowohl Luft-Wasser-, als auch Wasser-Wasser-Wärmepumpen berechnet werden. Im letzteren Fall sind die täglichen Wassertemperaturen der Wärmequelle anzugeben. Zur Bestimmung der Arbeitskurve der WP ist bei zwei Temperaturen des Wärmequellenmediums die aufgenommene elektrische Leistung, die abgegebene Wärmeleistung und die Vorlauftemperatur anzugeben. Beim Einsatz eines geregelten Speichers sind diese Angaben noch für einen dritten Fall zu liefern, wobei darauf zu achten ist, dass in Fall 2 und 3 die Vorlauftemperaturen der Speichertemperatur entsprechen. Zusätzlich ist bei der Wärmepumpe die von den Hilfsbetrieben aufgenommene Leistung und jene der elektrischen Zusatzheizung anzugeben.

**Heizsystem**

(Siehe Tabelle 4) Sofern das Heizsystem mit einem geregelten Speicher ausgestattet ist, benötigt das PC-Modell die Vorlauf- und Rücklauftemperatur des Heizsystems in Funktion zweier unterschiedlicher Aussentemperaturen.

**Wirtschaftlichkeit**

(Siehe Tabelle 5) Der Wirtschaftlichkeitsvergleich wird zwischen den drei Heizsystemen Wärmepumpe, Ölheizung und Gasheizung durchgeführt. Bei allen drei Systemen wird mit dem gleichen kalkulatorischen Zinsfuß und der gleichen Amortisationszeit gerechnet. Bei den Investitionskosten wird zwischen Wärmeerzeugung und -verteilung differenziert. Für den Wirtschaftlichkeitsvergleich ist es wichtig, dass in den Investitionskosten bei allen drei Heizsystemen der gleiche Ausbaustandard verglichen wird. Damit nicht Äpfel und Birnen einander gegenüber gestellt werden, müssen bei den Investitionskosten z.B. auch die Elektroinstallationen für alle drei Systeme mitberücksichtigt werden.

Im weiteren müssen im Falle einer Ölheizung - und dies auch, sofern es sich nur um eine Kesselsanierung handelt - zu Vergleichszwecken die Tankkosten sowie allfällige zusätzliche Kosten für den Raummehrbedarf des Tankes mitberücksichtigt werden. Ebenfalls können die ans Gas- und Elektrizitätswerk zu bezahlenden sowie heizungsbedingten Anschlussgebühren im Wirtschaftlichkeitsvergleich mitberücksichtigt werden.

Die Kosten für Reparaturen und Unterhalt sind in Prozenten der Investitions-

**Energiepreise**

Elektrisch:	• Grundgebühr (Fr./Mt.)	8,97 je kWh HT 0,0362
	• Leistungspreis (Fr./kW/Mt.)	0
	• Arbeitspreis HT (Rp./kWh)	15,9
	• Arbeitspreis NT (Rp./kWh)	6,8
Ölpreis (Fr./100 kg):		35
Gaspreis:	• Grundgebühr (Fr./kW/Jahr)	8,05
	• Arbeitspreis (Rp./kWh)	3,3 (für Ho)

Tabelle 6

**Resultate** Copyright: Elektra Birseck, Münchenstein

**Elektra Birseck, Münchenstein**

Projekt: Test Projektverfasser: Wälchli  
 Datum: 15.5.88 Variante: 1

	NT	HT	Total
- Jahreswärmearbeit (kWh)			
• Wärmepumpe			
.. direkt (kWh)	24 153,2	13 221,6	37 374,9
.. Speicher (kWh)	12,2	4 460,5	4 472,7
.. Total WP (kWh)	24 165,4	17 682,2	41 847,6
• Hilfsbetriebe (kWh)	1 424,8	675,8	2 100,6
• Energie Zusatzheizung (kWh)	764,1	459,8	1 223,9
• Umweltenergie (kWh)	13 496,7	12 664,1	26 160,8
- Jahreswärmebedarf (kWh)	26 354,3	18 817,7	45 172,1
- Jahresstromverbrauch (kWh)	12 857,7	6 153,6	19 011,3
- Jahresarbeitszahl			2,5
- Jahresölverbrauch (kg)	4 185,5		
- Jahresgasverbrauch (m <sup>3</sup> )	5 086,1		
- Energiedefizit (kWh)	18,1		
- Wirtschaftlichkeitsvergleich	WP	Öl	Gas
• Total Investitionen (Fr.)	41 000,0	36 000,0	36 000,0
• Amortisationen (Fr.)	2 733,3	2 400,0	2 326,7
• Kapitalzinsen (Fr.)	1 076,3	983,5	945,0
• Unterhalt und Reparaturen (Fr.)	300,0	525,0	260,0
• Raumkosten (Fr.)	0,0	100,0	0,0
• Total Energie (Fr.)	2 156,2	1 464,9	1 948,2
- Grund-/Leistungspreise	303,5		169,1
- Arbeitspreise	1 852,7	1 464,9	1 779,1
• Gesamtkosten (Fr.)	6 265,8	5 473,4	5 479,8

Tabelle 7

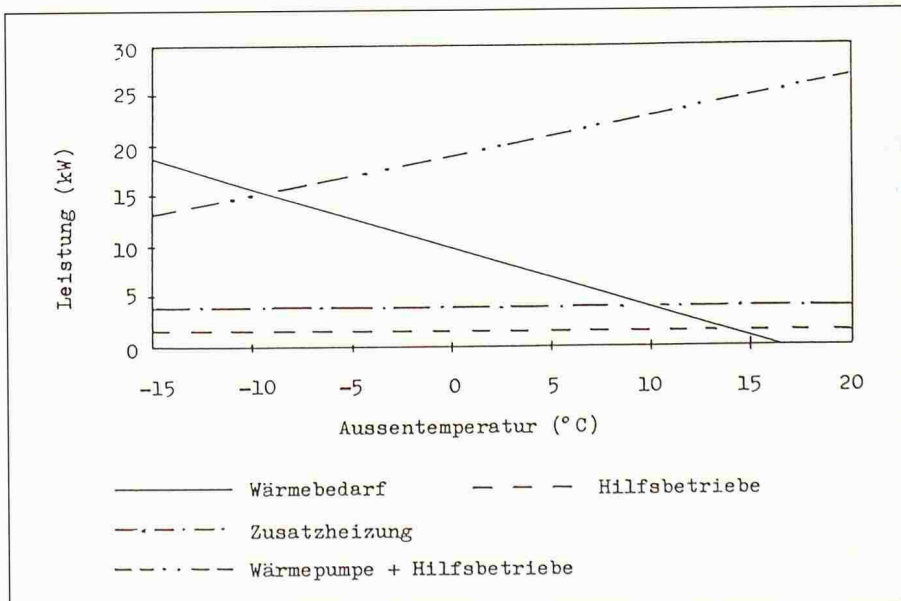


Bild 1. Energiebilanz



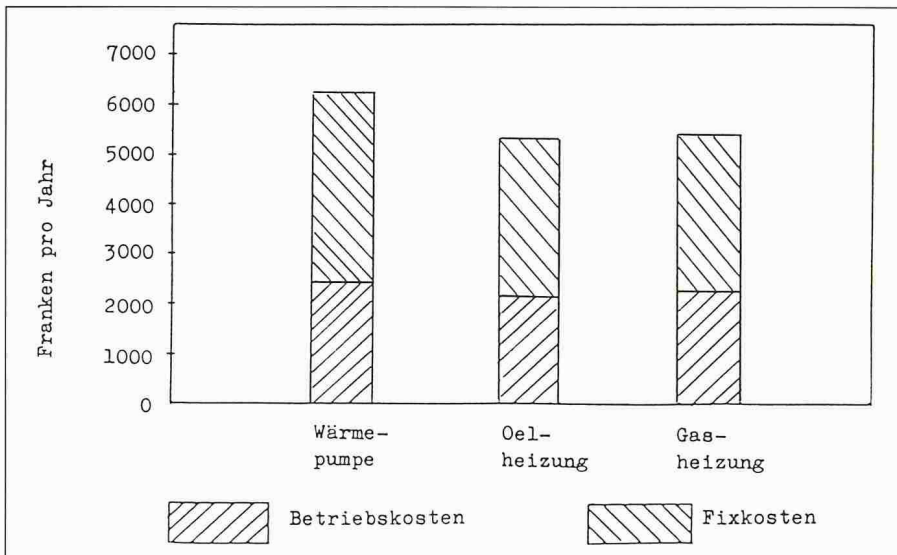


Bild 2. Kostenvergleich

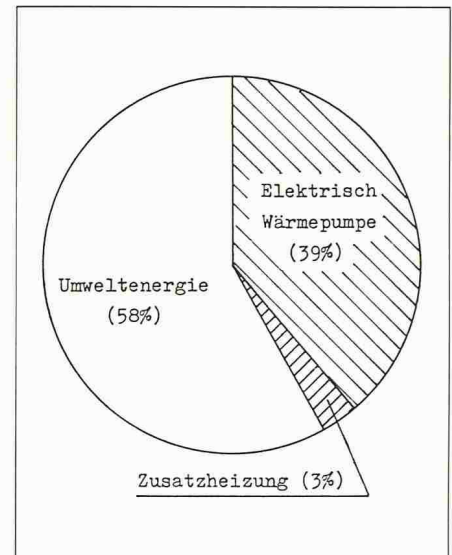


Bild 3. Quellen der Wärmeproduktion

kosten der Wärmeerzeugung anzugeben. Weitere Eingabengrößen sind die Wirkungsgrade der Wärmeerzeugung sowie die unteren Heizwerte von Öl und Gas. Ein wichtiger Bestandteil des Wirtschaftlichkeitsvergleiches sind die Energiepreise (Tabelle 6). Insbesondere bei längerfristigen Betrachtungen erlaubt das Modell durch Variation der Energiepreise die einfache und schnelle Durchführung von Sensitivitätsrechnungen. Zur Beschreibung der Stromtarife sind vier Parameter vorgesehen:

- ein Grundpreis mit einem fixen und einem variablen, vom HT-Verbrauch abhängigen Anteil,
- ein Leistungspreis,
- ein Arbeitspreis für den HT-Bezug sowie
- ein Arbeitspreis für den NT-Bezug.

Der für den Wirtschaftlichkeitsvergleich zu berücksichtigende Ölpreis ist in Franken pro 100 kg anzugeben. Was den Gastarif anbelangt, ist nebst dem jährlichen Grundpreis auch die Eingabe des Arbeitspreises vorgesehen.

**Resultate**

(Siehe Tabelle 7) Die Resultate basieren auf der vom 1. Sept. bis 31. Mai angenommenen Heizperiode und weisen einerseits die nach Tarifzeit unterteilten

Energieverbrauchsdaten, wie die von der Wärmepumpe direkt oder via Speicher abgegebene Wärme usw., andererseits den für einen Investitionsentscheid wichtigen Wirtschaftlichkeitsvergleich aus.

Die in Tabelle 7 aufgeführten Resultate bedürfen keiner zusätzlichen Erläuterungen mehr. Lediglich beim Energie-defizit sei zu erwähnen, dass die unter dieser Rubrik aufgeführte Arbeit zur Bereitstellung der gewünschten Raumtemperatur wohl notwendig wäre, aber aufgrund der zu kleinen Leistung des Heizsystems (Wärmepumpe und Zusatzheizung) an den kältesten Tagen nicht erbracht werden kann.

Zur anschaulicheren Illustration der Resultate werden

- der Wärmeleistungsbedarf und die von der Wärmepumpe, von den Hilfsbetrieben sowie von der Zusatzheizung zur Verfügung gestellten Leistungen in Funktion der Aussen-temperatur in der Energiebilanz (Bild 1),
- der Kostenvergleich (fixe und variable Kosten) der drei Heizsysteme (Bild 2) und
- der Beitrag der einzelnen Energie-

quellen zur Abdeckung des Jahreswärmeverbrauchs (Bild 3)

grafisch dargestellt.

**Schlusswort**

Das auf der Tabellen-Kalkulationssoftware Lotus 1-2-3 basierende Modell steht jedem Interessierten zur Verfügung und kann gegen Entrichtung eines Unkostenbeitrages bei der Elektra Birseck, Münchenstein, erworben werden. Da jedoch nicht jedermann über einen eigenen Personal-Computer (PC) oder die erforderlichen Lotus-Kenntnisse verfügt, wird das Modell hauptsächlich im Rahmen unserer kostenlosen Energieberatungsstelle genutzt.

Für weitere Auskünfte im Zusammenhang mit dem hier vorgestellten PC-Modell oder sonstige, die rationelle und sparsame Energieanwendung betreffende Fragen steht Ihnen die Energieberatungsstelle der Elektra Birseck, Münchenstein, gerne zur Verfügung.

Adresse der Verfasser: Th. Wälchli, dipl. Ing. ETH und Ed. Längin, Ing. SWKI, 4142 Münchenstein.