Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 106 (1988)

Heft: 35

Artikel: PC-Modell für die Entscheidungsfindung beim Einsatz von Wärmepumpen

Autor: Wälchli, Th. / Längin, Ed.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85792

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

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, Mikrotechnik 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 lohnmässig 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 Rüschlikon.

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 rationellen 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.

VON TH. WÄLCHLI UND ED. LÄNGIN, MÜNCHENSTEIN

Zur Unterstützung der Architekten, Planer und Bauherren bei der Entscheidungsfindung für eine geeignete Wärmeerzeugungsanlage, im speziellen die Wärmepumpe, haben wir ein auf Personal-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 unterschiedlicher 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 Projektverfasser: Wälchli
Datum: 15.5.88 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 (m³)	2	Nutzinhalt (m³)	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-
3) (Speicher)	6,8	18	2	55	temp.)
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

Kalkulatorischer Zinsfuss (%)	5,25
Amortisationszeit (Jahre)	15

	WP inkl. Speicher/ Zusatzheizung	Ölheizung inkl. Tank	Gasheizung
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. m³)		11,86	9,55
Heizwert Ho (kWh/m³)			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, anderseits auch die im Gebäude nebst der Heizung vorhandenen Wärmequellen wie Personen, elektrische Geräte usw.

Die Lage im Temperaturband charakterisiert diejenige Tagesdurchschnittstemperatur im Vergeich 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 Entladeregelung – 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 m³ 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 (m³)	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

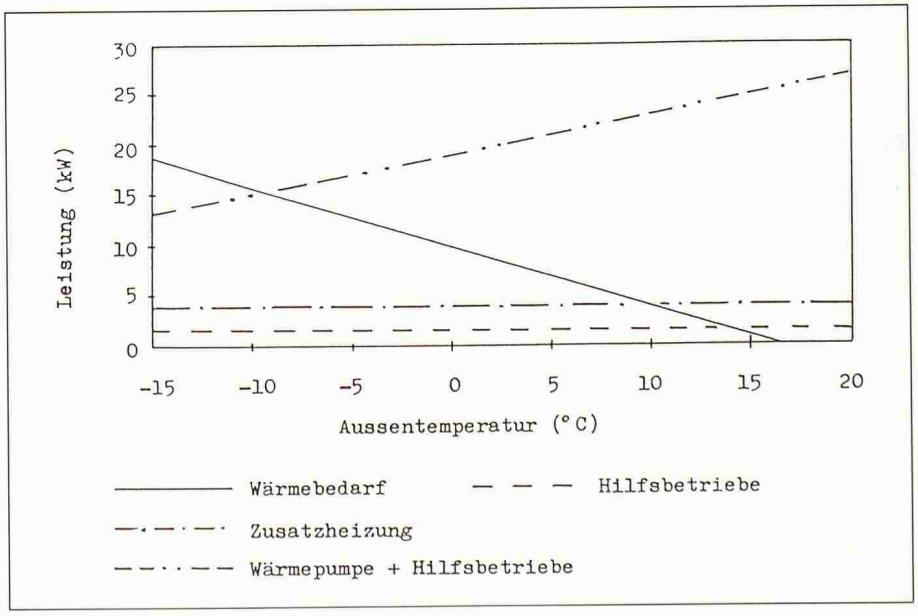

Bild 1. Energiebilanz

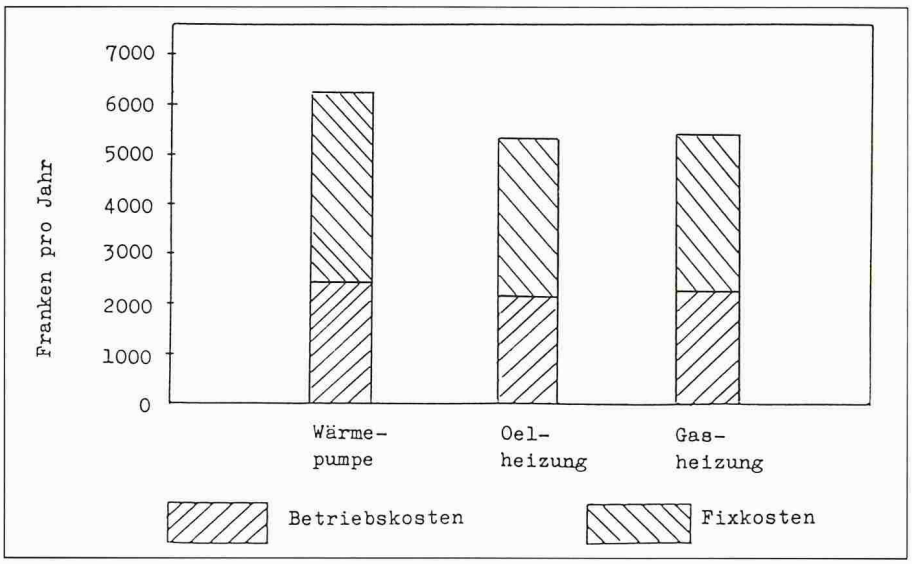

Bild 2. Kostenvergleich

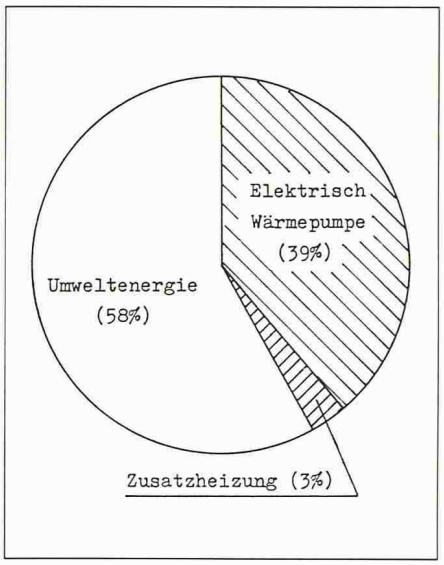

Bild 3. Quellen der Wärmeproduktion

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., anderseits den für einen Investitionsentscheid wichtigen Wirtschaftlichkeitsvergleich aus.

Die in Tabelle 7 aufgeführten Resultate bedürfen keiner zusätzlichen Erläuterungen mehr. Lediglich beim Energiedefizit 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 Aussentemperatur in der Energiebilanz (Bild 1),
- der Kostenvergleich (fixe und variable Kosten) der drei Heizsysteme (Bild 2) und
- der Beitrag der einzelnen Energiequellen zur Abdeckung des Jahreswärmebedarfs (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 Energieberatungstätigkeit 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.