

Allgemeine Energiewirtschaftslehre

Von
L. Musil

108 Abbildungen. XI, 340 Seiten. 1972.
Gebunden S 752,—, DM 109,—

„Für alle Fachleute in der Energiewirtschaft sollte das Buch eine Pflichtlektüre werden, weil es die schwierigen Zusammenhänge dieses Wirtschaftszweiges in meisterhafter Weise transparent macht. Nicht allein der Ingenieur wegen der betriebswirtschaftlichen Darstellung, der Betriebswirt wegen der technischen Erörterungen, sondern erst recht die sich im Bereich der Energiewirtschaft engagierenden juristischen Fachkräfte könnten durch die Kenntnisnahme der hier im Gesamtzusammenhang geordneten Sachverhalte echte Grundlagen für ihre Tätigkeit schaffen.

Das Buch hat den Rang eines Standardwerkes.“

VIK-Mitteilungen

„Dem Autor ist es gelungen, einen allgemein gültigen, großen Aussagewert für einen verhältnismäßig langen Zeitabschnitt sicherzustellen . . . Das Buch ist dank der zahlreichen Beispiele und präzisen Ausdrucksweise leicht lesbar. Ein bestens nicht nur Studenten, sondern auch allen in der Praxis stehenden Energietechnikern, Energiewirtschaftlern und Wirtschaftspolitikern zu empfehlender Behelf.“

Österreichische Ingenieur-Zeitschrift



Herbert Moditz

Elektrische Raumheizung

Energiewirtschaftliche
und technische Grundlagen

Springer -Verlag
Wien New York



Dipl.-Ing. Dr. techn. Herbert Moditz, Graz

106 Abbildungen

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

© 1975 by Springer-Verlag / Wien

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1975

Library of Congress Cataloging in Publication Data

Moditz, Herbert, 1923 –
Elektrische Raumheizung.

1. Electric heating. I. Title.
TH7410.M62 697'.045 75-16164

ISBN-13:978-3-7091-8388-5 e-ISBN-13:978-3-7091-8387-8

DOI: 10.1007/978-3-7091-8387-8

Vorwort

Die energiewirtschaftlichen und technischen Probleme der elektrischen Raumheizung haben in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Ausgehend von verschiedenen Anfängen in den fünfziger Jahren entwickelte sich die elektrische Raumheizung auf Basis der Nachtstromspeicherheizung nach Vorliegen verbesserter Gerätekonstruktionen in einer außerordentlich starken Expansion zu einem anfänglich zwar scharf bekämpften, letztlich aber wohl anerkannten, gegenüber konventionellen Raumheizungssystemen voll konkurrenzfähigen Heizsystem. Durch die starken Veränderungen der Wärmepreisrelationen als Folge der 1973 stattgefundenen Heizölpreiserhöhungen, die zwangsläufig zu einer allgemeinen Anhebung der Preise auch für die anderen fossilen Energieträger führten, ergeben sich für die elektrische Raumheizung zusätzliche neue Aspekte. Neben die Speicherheizung tritt in zunehmendem Maß die Möglichkeit des Einsatzes der direkten elektrischen Heizung für die Vollraumheizung.

Andererseits muß sich aber die elektrische Raumheizung in einer Welt, die in zunehmendem Maß energiebewußter wird, immer häufiger mit Fragen auseinandersetzen, welche ihre Rolle innerhalb der Energiewirtschaft betreffen, wobei vielfach sachlich wenig begründete, im wesentlichen auf althergebrachten Vorstellungen beruhende Einwände gegen dieses Heizsystem geltend gemacht werden. Im besonderen ist es die Elektrizitätswirtschaftliche Problematik, welche zu den widersprechendsten Meinungen Anlaß gibt, obwohl an sich heute schon reiche einschlägige Erfahrungen vorliegen, die durchwegs positive Ergebnisse zeigen. Ausgehend von dieser Sachlage war der Autor bestrebt, im Rahmen einer umfassenden Darstellung das gesamte Sachgebiet sowohl aus Elektrizitätswirtschaftlicher als auch technologischer und allgemein betriebswirtschaftlicher Sicht einer kritischen Betrachtung zu unterziehen und gestützt auf das erwähnte umfangreiche Erfahrungsmaterial sowie auf eigene Messungen und Erfahrungen auf Grund seiner langjährigen Tätigkeit in der Elektrizitätswirtschaft zu allgemeinen Aussagen zu gelangen, die ein Hilfsmittel für künftige Entscheidungen bilden können.

Ausgehend von einem allgemeinen Überblick über die energiewirtschaftliche Bedeutung der Raumheizung und dem damit verbundenen Primär- bzw. Sekundärenergieeinsatz werden die Gesteungskosten der Energiebereitstellung sowohl für die Speicherheizung als auch für die direkte elektrische Raum-

heizung eingehend untersucht. Weiters werden die vielfältigen technologischen Möglichkeiten der elektrischen Raumheizung einschließlich der neueren technischen Entwicklungen, wie Wärmepumpen und Wärmerückgewinnung, und die allgemeine Konkurrenzsituation gegenüber anderen Heizsystemen behandelt. Die spezielle Verknüpfung von Elektrizitätswirtschaftlichen und technologischen Belangen werden einer eingehenden Betrachtung unterzogen und die Möglichkeiten bzw. Grenzen der elektrischen Raumheizungssysteme aus der Sicht der künftigen Energieaufbringung sowie der Kosten und der Gestaltung von Übertragungs- und Verteilnetzen für die allelektrische Versorgung größerer Siedlungsgebiete analysiert, wobei ein gesamtwirtschaftlicher Vergleich mit der Fernheizung auf Heißwasserbasis angestellt wird. Die auf Grund einer sorgfältigen Erfassung und Bewertung aller Einflußfaktoren erhaltenen Ergebnisse zeigen, daß die elektrische Raumheizung eine energiewirtschaftlich zweckmäßige Alternative unter den verschiedenen Raumheizungssystemen darstellt, welche langfristig zunehmend an Bedeutung gewinnen wird.

Graz, im Mai 1975

H. Moditz

Inhaltsverzeichnis

1. Grundsätzliches zur Verwendung elektrischer Energie für die Deckung des Wärmebedarfes	1
1.1 Bedeutung der Energiebereitstellung zur Deckung des Wärmebedarfes	1
1.2 Anteil der elektrischen Energie bei der Deckung des Wärmebedarfes; Substitutionsvorgänge und Rückwirkungen auf die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft	3
2. Energiewirtschaftliche Grundprobleme der Raumheizung	7
2.1 Umfang und Entwicklung des Wärmebedarfes für die Raumheizung	7
2.2 Bereitstellungs- und Transportbedingungen der für die Raumheizung verwendeten Energieträger	10
2.3 Art und Entwicklung der Raumheizungssysteme	11
3. Der Nutzungsgrad von Raumheizungen mit konventionellen Energieträgern im Vergleich zu elektrischen Raumheizungssystemen	14
3.1 Definition des Nutzwärmebedarfes und des Nutzungsgrades von Raumheizungsanlagen	14
3.2 Analyse des Nutzungsgrades nach Teilnutzungsgraden	15
3.3 Die Teilnutzungsgrade von Warmwasserzentralheizungen im Vergleich zu elektrischen Heizsystemen bestimmende Einflußgrößen	16
3.31 Feuerungstechnischer und Wärmeaustauschnutzungsgrad	16
3.32 Regelungsnutzungsgrad	18
3.4 Einfluß der „Freien Wärme“ auf die Wärmebilanz bzw. auf den Nutzungsgrad eines Heizsystems	21
3.5 Effektive Nutzungsgrade von Raumheizungsanlagen	25
3.51 Ergebnisse von Vergleichsmessungen	26

3.52 Spezielle Vergleichsmessungen zwischen elektrisch und mit Heizöl betriebenen Warmwasserzentralheizungsanlagen bzw. mit Elektroheizungsanlagen mit Einzelgeräten und Blockspeichern	30
4. Der Primärenergieeinsatz für die elektrische Raumheizung im Vergleich zu anderen Heizsystemen	34
4.1 Allgemeine Bemerkungen zum Vergleich des Primärenergieeinsatzes	34
4.2 Nutzungsgrad der Primärenergie bei elektrischer Raumheizung auf Basis konventioneller thermischer Stromerzeugung gegenüber anderen Heizsystemen	35
4.3 Qualität und Verfügbarkeit der Primärenergieträger für elektrische Raumheizung	39
5. Art und Entwicklung der elektrischen Raumheizungssysteme in Europa	40
5.1 Bestimmende Faktoren für die Entwicklung der elektrischen Raumheizungssysteme	40
5.2 Übersicht über die elektrischen Raumheizungssysteme	42
5.3 Verbreitung und Entwicklung der elektrischen Raumheizung in Europa und in den USA	43
6. Wärmetechnische Gesichtspunkte der elektrischen Raumheizung; Dimensionierung und Verbrauchsermittlung	46
6.1 Problematik der Wärmebedarfsrechnung	46
6.2 Zusammenhang zwischen spezifischem Wärmebedarf und bautechnischen Kenngrößen eines Gebäudes; näherungsweise Berechnung des Wärmebedarfes	48
6.3 Allgemeine Dimensionierungsgrundlagen für Elektrospeicherheizungen	50
6.4 Jährlicher Belastungsverlauf und Benutzungsdauer der installierten Leistung einer Raumheizung	53
6.5 Konsequenzen für die Auslegung von Elektrospeicherheizungen aus dem jährlichen Verlauf des Wärmebedarfes; Möglichkeiten zur Reduzierung des Speicherfaktors	56
6.6 Vorausberechnung des jährlichen Energieverbrauches einer elektrischen Raumheizung	57
6.7 Thermisches Verhalten eines Gebäudes bei Heizunterbrechungen; Wirkung als Sekundärspeicher für Heizsysteme ohne Speicherfähigkeit	60
6.8 Physiologische Fragen der Raumheizung	64

7. Technologie und Anwendungsmöglichkeiten der Elektrospeicherheizung	67
7.1 Konstruktionsprinzipien; mögliche Speichermaterialien . . .	67
7.2 Bauarten von Einzelspeicheröfen; Regelbarkeit der Wärmeabgabe	70
7.3 Zentralspeicherheizung mit keramischen Blockspeichern . . .	73
7.4 Elektrospeicherheizung für Warmwasserzentralheizungen . .	76
7.5 Speicherheizungen mit Tagesnachladung oder Zusatzdirektheizung; Mischheizspeicher	79
7.6 Fußbodenspeicherheizung	81
7.7 Elektrospeicherheizung für Freibäder	83
7.8 Teilspeicherheizsysteme und Heizsysteme mit auf die Netzspitzenzeiten beschränkten Betriebsunterbrechungen	84
7.81 Allgemeine Gesichtspunkte zur Teilspeicherheizung . .	84
7.82 Teilspeicher- bzw. Kurzzeitspeicherheizsysteme . . .	85
8. Aufladeregelung und Laststeuerung von Elektrospeicherheizungen	87
8.1 Aufladeregelungen für Elektrospeicherheizungen aus der Sicht des Benutzers	87
8.11 Handsteuerungen	87
8.12 Automatische Aufladeregelungen	88
8.2 Einfluß der Aufladeregelungen von Speicherheizgeräten und Warmwasserspeichern auf den Verlauf der Netzbelastung . .	91
8.21 Belastungsgang während der Schwachlastzeit mit und ohne Schwachlastenergielieferung	91
8.22 Automatische Aufladeregelungen mit Zeitverschiebung	92
8.23 Zusammenarbeit zwischen Rundsteueranlagen und Aufladeregelungen	93
8.3 Automatische Aufladeregelung in Abhängigkeit vom jeweiligen Belastungszustand des Verteilnetzes	94
9. Entwicklung und Grenzen der elektrischen Raumheizung und Warmwasserbereitung auf Basis von Schwachlastenergie als Ergebnis elektrizitätswirtschaftlicher Gegebenheiten	97
9.1 Elektrizitätswirtschaftliche Gründe für die Förderung der Schwachlastenergieanwendung	97
9.2 Verfügbarkeit von Schwachlastenergie nach Maßgabe der Struktur der Erzeugungssysteme	98
9.3 Bereitstellungsmöglichkeit von Schwachlastenergie nach Maßgabe des Belastungsverlaufes des Licht- und Kraftbedarfes . .	102

9.4	Grenzen der Schwachlastenergiebereitstellung für die Haushalte aus der Sicht der Verteilanlagen	104
9.5	Ermittlung der Sättigungswerte für Schwachlastenergieanwendungen aus den individuellen Belastungsdiagrammen	108
10.	Auswirkungen der Energiebereitstellung für elektrische Raumheizung auf Speicherbasis auf die Kosten und die Gestaltung der Fortleitungs- und Verteilungsanlagen	115
10.1	Grundsätzliches zum Ausbau der Übertragungsanlagen zur Bereitstellung von Schwachlastenergie; spezifische Werte für die Leistungsbereitstellung	115
10.2	Anlagekosten der Verteilnetze für Siedlungen ohne elektrische Raumheizung in Abhängigkeit von der Siedlungsdichte	117
10.3	Anlagekosten und Gestaltung von Verteilnetzen für allelektrische Siedlungen mit Speicherheizung; Kostendegression gegenüber vollelektrischer Versorgung	119
10.4	Einfluß der Anlagekosten der vorgelagerten Versorgungsstufen auf die gesamten Anlagekosten der allelektrischen Versorgung; mögliche Kostendegression	124
10.5	Kosten und Möglichkeiten des Ausbaues bestehender Verteilnetze für allelektrische Versorgung	128
11.	Gestehungskosten für die Bereitstellung von Schwachlastenergie für elektrische Raumheizung und Warmwasserbereitung; der allelektrische Haushalt im Vergleich zu anderen Elektrifizierungsfällen	131
11.1	Gestehungskosten der Schwachlastenergie vom Standpunkt der Erzeugung; Vergleich mit den Nutzwärmepreisen konventioneller Energieträger	131
11.2	Gestehungskosten der Stromlieferung an allelektrische Haushalte gegenüber teil- und vollelektrischen Haushalten; Netzzuwachskosten beim Übergang auf allelektrische Versorgung	133
12.	Grundsätzliche elektrizitätswirtschaftliche Gesichtspunkte für die direkte elektrische Raumheizung	143
12.1	Maßgebliche elektrizitätswirtschaftliche Kenngrößen; Zusammenhang mit den klimatischen Gegebenheiten	143
12.2	Jahresbenutzungsdauer und gleichzeitige Höchstlast der direkten elektrischen Raumheizung; Anteil an der Werkshöchstlast	146
12.3	Meßergebnisse von ausgeführten Anlagen mit direkter elektrischer Heizung; Folgerungen hinsichtlich der elektrizitätswirtschaftlichen Kenngrößen	148

13. Gesteungskosten der Energiebereitstellung für die elektrische Raumheizung; Deckung der dadurch verursachten Winterlast; Tarife für die direkte elektrische Raumheizung	159
13.1 Vergleich des direkt elektrisch beheizten Haushaltes mit anderen Elektrifizierungsfällen; Entwicklung der direkten Raumheizung in Oslo als Modellfall	159
13.2 Die Kosten der Energiefortleitung und -verteilung bei direkter elektrischer Raumheizung	161
13.3 Die Kosten der Energiebereitstellung für die direkte elektrische Raumheizung; Deckung der Winterheizlastspitze	170
13.4 Möglichkeiten zur Gesteungskostensenkung der direkten elektrischen Raumheizung durch Leistungsreduktion während der Spitzenzeiten	174
13.5 Tarife für direkte elektrische Raumheizung	175
14. Technologie der direkten elektrischen Raumheizung	178
14.1 Heizpaneele und Konvektoren	178
14.2 Deckenheizungssystem	180
14.3 Infrarotheizung	181
14.4 Regelung von Direktheizungsanlagen	182
14.5 Direktheizsysteme mit Spitzenwegschaltung	183
14.6 Gemischte Heizsysteme	184
15. Wirtschaftlichkeitsvergleich der elektrischen Raumheizung mit anderen Heizsystemen	187
15.1 Abhängigkeit des spezifischen Wärmebedarfes von den bautechnischen Kenngrößen, insbesondere vom Grad der Wärmedämmung	187
15.2 Möglichkeiten und Bedeutung der Wärmedämmung	188
15.3 Grundsätzliches zur optimalen Wärmedämmung von Gebäuden bei verschiedenen Heizsystemen und Energieträgern	191
15.4 Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Heizsysteme für ein typisches Mehrfamilienhaus in Abhängigkeit vom Wärmedämmgrad	194
15.41 Anlagekostenvergleich; Einfluß der Wärmedämmung und der Anschlußkosten	194
15.42 Vergleich der gesamten festen und beweglichen Jahreskosten der Beheizung eines 36-Familien-Wohnhauses	198
15.5 Kostenvergleich verschiedener Heizsysteme für ein Einfamilienhaus	203
15.51 Anlagekostenvergleich der Heizsysteme; Wärmedämmung und Anschlußkosten	203

15.52 Vergleich der gesamten festen und beweglichen Jahreskosten für die Beheizung eines Einfamilienhauses . . .	205
15.6 Wirtschaftlichkeitsvergleich verschiedener Heizsysteme für Schulen	206
16. Künftige Entwicklungsmöglichkeiten der elektrischen Raumheizung aus elektrizitätswirtschaftlicher Sicht und spezielle energiewirtschaftliche Perspektiven	210
16.1 Entwicklungsmöglichkeiten der elektrischen Raumheizung nach Maßgabe der elektrizitätswirtschaftlichen Gegebenheiten . .	210
16.2 Spezielle energiewirtschaftliche Perspektiven der elektrischen Raumheizung	213
16.21 Wärmerückgewinnung in elektrisch beheizten Großobjekten	214
16.22 Verwendung von Wärmepumpen für die Raumheizung und Schwimmbeckenerwärmung	217
16.23 Das allelektrisch versorgte wärmetechnisch integrierte Gebäude	221
17. Ausgeführte elektrisch beheizte Großheizungsanlagen; Auslegungsgrößen, Erfahrungen und Betriebsergebnisse	224
18. Die energiewirtschaftliche Wettbewerbssituation der elektrischen Raumheizung bei der Versorgung von großen Wohnsiedlungen . .	233
18.1 Grundsätzliche Bemerkungen zur Wettbewerbssituation der leitungsgebundenen Energieträger und zur Frage der ein- oder mehrschienigen Versorgung	233
18.2 Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen ein- und zweischieniger Versorgung an Hand des Modellfalles einer neuen Satellitenstadt	235
18.21 Voraussichtliche Energiebereitstellung im Endausbau . .	235
18.22 Konzeption und Kosten der Verteilnetze	237
18.23 Wirtschaftlichkeitsvergleich der einzelnen Versorgungsnetzvarianten	238
18.24 Spezifische Zuwachskosten der einzelnen Netzvarianten für die Bereitstellung von Heizenergie	241
18.25 Gesamtkosten für Heizanlagen, Verteilnetze und Energiebereitstellung	242
18.3 Folgerungen für die Problematik der ein- oder zweischienigen Versorgung	245
18.4 Kombination von direkter elektrischer Heizung mit Fernheizung	246
Literaturverzeichnis	254
Sachverzeichnis	259

1. Grundsätzliches zur Verwendung elektrischer Energie für die Deckung des Wärmebedarfes

1.1 Bedeutung der Energiebereitstellung zur Deckung des Wärmebedarfes

Das weltweite Wachstum des Energiebedarfes als Folge der Industrialisierung und der damit verbundenen Erhöhung des Lebensstandards einerseits und die immer deutlicher sich abzeichnende Notwendigkeit, die Grenzen dieses Wachstums in Betracht zu ziehen, vor allem in Hinblick auf die in der Vergangenheit wenig beachteten Fragen der Rückwirkungen des Energieeinsatzes auf die Umwelt, gibt Anlaß, die Rolle, welche die elektrische Energie als Sekundärenergieträger bei der künftigen Deckung des Energiebedarfes, vor allem aber des Wärmebedarfes, zu spielen haben wird, zu untersuchen.

Dabei ist von der Frage auszugehen, inwieweit auf lange Sicht Primärenergieträger zur Verfügung stehen werden, die ohne vorherige Umwandlung in elektrische Energie für die Deckung des Wärmebedarfes eingesetzt werden können. Berücksichtigt man die verschiedenen langfristigen Prognosen [1], die eine Erschöpfung der Vorräte an Erdöl und Erdgas in verhältnismäßig kurzer Zeit erwarten lassen, dann stehen langfristig nur Stein- und Braunkohle, Wasserkraft und Kernenergie zur Verfügung, d. h. Energieträger, die schon heute im wesentlichen nur über elektrische Energie nutzbar gemacht werden, soweit nicht die gemeinsame Erzeugung von Wärme und elektrischer Energie im Wege der Heizkraftkupplung erfolgt, die in Zukunft durch direkte Prozeßwärmeerzeugung in Hochtemperatur-Reaktoren ergänzt werden wird. Auf europäische Verhältnisse bezogen, d. h. ohne Berücksichtigung der Möglichkeiten der Sonnenenergie kann man grundsätzlich folgern, daß diese Primärenergieträger und genannten Verfahren langfristig die Basis für die Wärmebedarfsdeckung der Zukunft bilden werden. Betrachtet man das Verhältnis zwischen Wärmeerzeugung und elektrischer Energieerzeugung bei den gegenständlichen gekoppelten Prozessen, so ist dieses Verhältnis durch grundsätzliche physikalische und letztlich wirtschaftliche Gegebenheiten festgelegt; d. h., daß eine Orientierung dieses Verhältnisses an der Relation, die zwischen Wärmebedarf und anderem Energiebedarf besteht, nicht möglich ist. Wenn man nun in Betracht zieht, daß in den hochindustrialisierten Staaten Europas sowie Amerikas der Wärmebedarf, sei es für Raumheizung oder für

Prozeßwärme, den Energiebedarf für Licht und Kraft weit überwiegt, so daß 70—80% des gesamten Energiebedarfes auf Wärme entfallen, so ist mit Sicherheit zu erwarten, daß angesichts der dargelegten Gegebenheiten der Energieaufbringung es immer mehr zu einer Substitution von klassischen Wärmeenergieträgern durch elektrische Energie kommen muß.

Die Dominanz des Wärmebedarfes innerhalb des gesamten Wärmebedarfes stellt an sich eine vielfach zu wenig beachtete energiewirtschaftliche Tatsache dar. Als Beispiel möge die aus Tab. 1 ersichtliche Aufgliederung des Sekundärenergiebedarfes der Bundesrepublik Deutschland [2], Österreich [3, 4] und der Schweiz [5] sowie dessen Entwicklung in der Vergangenheit dienen. Unter Sekundärenergiebedarf ist hierbei die den Verbrauchern zugeordnete Energie zu verstehen, d. h. nach Abzug der Verluste bei der Bereitstellung, für die Umwandlung und Übertragung, dagegen nicht die in den Abnehmeranlagen ausgenützte Energie (Nutzenergie).

Tabelle 1. *Entwicklung und Aufteilung der in der Bundesrepublik Deutschland, in Österreich bzw. in der Schweiz benötigten Sekundärenergie nach Verwendungszwecken*

	1960 10 ⁶ Gcal	Anteil in %	1970 10 ⁶ Gcal	Anteil in %	mittlere jährliche Zuwachsrates 1960—1970 in %
a) Bundesrepublik Deutschland [2]					
Beleuchtung	16,1	1,5	28,7	1,7	5,9
Stationäre Antriebe	50,9	4,9	104,0	6,4	7,4
Verkehr	150,0	14,8	255,0	15,6	5,45
Prozeßwärme und Raumheizung	834,0	78,8	1253,0	76,2	4,05
	1050,6	100,0	1640,7	100,0	4,56
Rückgerechnet aus den für den Endenergieverbrauch benötigten Energieträgern.					
	1951 10 ⁶ Gcal	Anteil in %	1967 10 ⁶ Gcal	Anteil in %	mittlere jährliche Zuwachsrates 1951—1967 in %
b) Österreich [3, 4]					
Beleuchtung	0,701	1,2	2,230	1,9	7,40
Stationäre Antriebe	4,800	8,5	9,200	7,7	4,15
Verkehr	9,430	16,8	24,100	20,3	6,60
Wärme für chemische Zwecke	2,009	3,6	3,300	2,8	3,30
Sonstige Prozeß- wärme und Raum- heizung	39,231	69,9	79,700	67,3	4,55
	56,171	100,0	118,530	100,0	4,78

Tabelle 1 (Fortsetzung)

	1950 10 ⁶ Gcal	Anteil in %	1967 10 ⁶ Gcal	Anteil in %	mittlere jährliche Zuwachsrates 1950—1967 in %
c) Schweiz [5]					
Beleuchtung	1,160	2,3	2,370	1,8	4,2
Stationäre Antriebe	2,770	5,9	5,900	4,6	4,7
Verkehr	6,500	14,1	26,500	20,6	8,5
Wärme für chemische Zwecke	1,340	2,9	2,620	2,1	4,0
Sonstige Prozeß- wärme und Raum- heizung	34,500	74,8	91,000	70,9	6,0
	46,270	100,0	128,390	100,0	6,2

Hinsichtlich der Relation zwischen Wärmebedarf und sonstigem Energiebedarf besteht somit in den betrachteten Ländern weitgehende Ähnlichkeit.

Trotz dieser mengenmäßigen Bedeutung der zur Deckung des Wärmebedarfes benötigten Energie spielt jedoch in der Wertschätzung der Verbraucher seit jeher die Deckung des Licht- und Kraftbedarfes eine wesentlich größere Rolle, wobei auf dem Sektor der produktiven Energieanwendung zweifellos die Frage der möglichen Wertschöpfung als Folge des Energieeinsatzes mit zu dieser Einstellung beiträgt. Zwangsläufig hat die mechanische Krafterzeugung für die gesamte gewerbliche und industrielle Produktion zusammen mit der künstlichen Beleuchtung die entscheidenden Entwicklungsmöglichkeiten geschaffen, woraus letztlich die besondere Position in der Öffentlichkeit, die die Elektrizitätswirtschaft innerhalb der gesamten Energiewirtschaft einnimmt, resultiert.

1.2 Anteil der elektrischen Energie bei der Deckung des Wärmebedarfes; Substitutionsvorgänge und Rückwirkungen auf die Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft

Als Folge dieser Betrachtungsweise wird die elektrische Energie im wesentlichen mit den Nutzenergieformen „Licht“ und „Kraft“ identifiziert. Dabei wird übersehen, daß zum Teil schon sehr weit zurückreichende erfolgreiche Bemühungen der E-Wirtschaft um gewisse Teile des Wärmeenergiemarktes, vor allem auf dem Sektor des konsumtiven Bedarfs (Kochen und Warmwasserbereitung), aber auch auf dem Sektor der industriellen Wärmebedarfsdeckung vorliegen. Diese zunächst von prinzipieller Bedeutung scheinende Feststellung gewinnt jedoch bei näherer Betrachtung der Größenordnung des auf Elektrowärmeanwendung entfallenden Bedarfes an elektrischer Energie entscheidende Bedeutung für die hohen Zuwachsraten des Bedarfes an elektrischer Energie,

die die Zuwachsraten des gesamten Energiebedarfes, von Sonderfällen abgesehen, weit übersteigen.

Am Beispiel einer auf Grund vorhandener genauer statistischer Unterlagen [4, 6] durchgeführten Analyse der einschlägigen Stromverbrauchsentwicklung in Österreich, die übrigens auch weitgehend z. B. mit der Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland korrespondiert, lassen sich diese Zusammenhänge deutlich zeigen (Abb. 1).

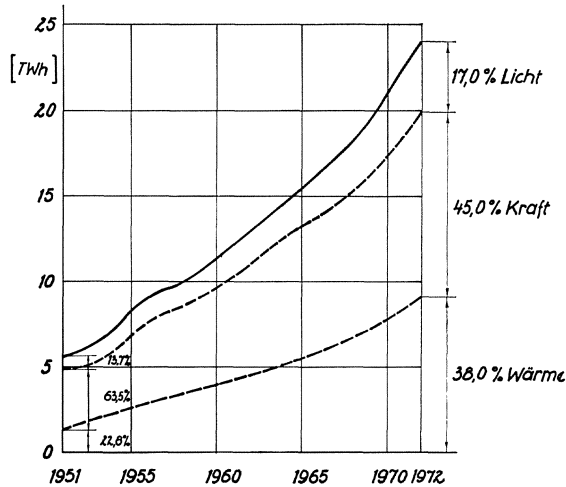


Abb. 1. Entwicklung der gesamten Abgabe von elektrischer Energie in Österreich (gesamte Elektrizitätsversorgung) nach Verwendung zur Deckung des Licht-, Kraft- und Wärmebedarfes [4, 6]

Untersucht man die durch Abb. 1 skizzierte Entwicklung des Stromverbrauches nach seiner Verwendung für Licht, Kraft und Wärme auf ihre durchschnittlichen jährlichen Zuwachsraten und stellt diese den Zuwachsraten der loko Verbraucher bereitgestellten gesamten Energiemenge sowie des Brutto- sozialproduktes gegenüber, so erhält man folgende Werte (Tab. 2):

Tabelle 2. Durchschnittliche jährliche Zuwachsraten des gesamten Sekundärenergiebedarfes, des Brutto- sozialproduktes, der Industrie- produktion und des Bedarfes an elektrischer Energie in Österreich nach Verwendungszwecken für den Zeitraum 1951—1972 [7]

	durchschnittlicher Zuwachs p. a.
Gesamte Sekundärenergie	4,5%
davon Anteil für Wärme	4,4%
Brutto- sozialprodukt	4,8%
Gesamte elektrische Energie	7,2%
davon Anteil für Licht	7,6%
für Kraft	5,1%
für Wärme	10,4%

Die insgesamt höhere Zuwachsrate der elektrischen Energie ist somit im wesentlichen der Entwicklung der Elektrowärmeanwendungen zuzuschreiben, d. h. letztlich strukturellen Verschiebungen auf dem Wärmeenergiemarkt in Form einer stärkeren Verlagerung der Nachfrage der Verbraucher zur elektrischen Energie. Die Substitution von anderen Wärmeenergieträgern durch elektrische Energie bzw. der Einsatz von elektrischer Energie zur Deckung neu auftretenden Wärmebedarfes wird demnach im wesentlichen zum entscheidenden Faktor für die überdurchschnittliche Expansion der Elektrizitätswirtschaft. Besonders deutlich wird dieser Vorgang im Bereich des Haushaltsstromverbrauches, wie z. B. die entsprechende Entwicklung in der BRD [8] und in Österreich [7] deutlich zeigt (Abb. 2).

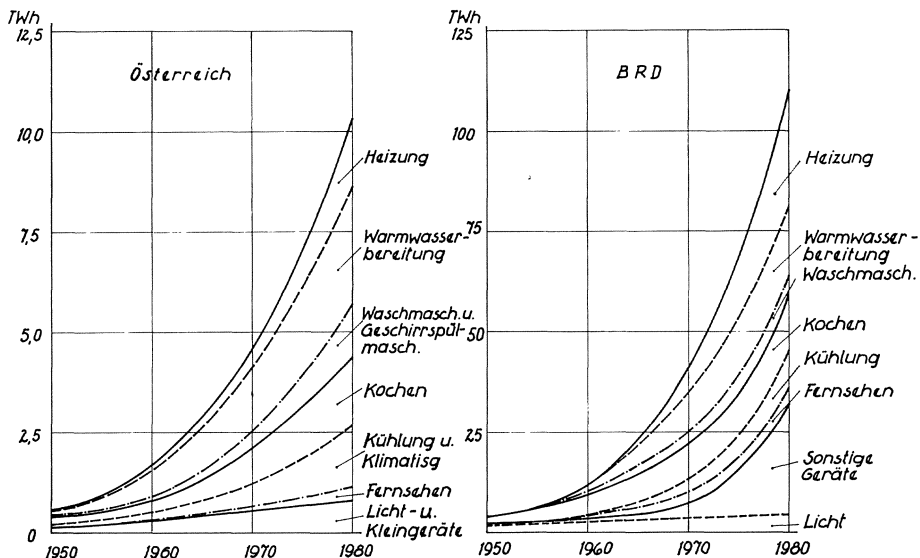


Abb. 2. Entwicklung des Elektrowärmeanteiles (Heizung, Warmwasser, Kochen, Waschen) am Haushaltsstromverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland (BRD) und in Österreich nach den wichtigsten Anwendungsgruppen [7, 8]

In dieser Entwicklung des Haushaltsstromverbrauches kommt das allgemeine Streben nach weitgehender Mechanisierung der Haushaltsarbeit zum Ausdruck, womit letztlich volkswirtschaftlich gesehen, eine wichtige Voraussetzung für die starke Berufstätigkeit der Frau in den modernen Industriestaaten geschaffen wurde. Bei dem Umstand, daß es in erster Linie der Wärmeverbrauch ist, der den starken Anstieg bewirkt hat, ist zu beachten, daß die Mechanisierung bzw. Automatisierung vieler Arbeitsgänge im Haushalt zwangsläufig zu einem höheren Wärmeeinsatz, vor allem in Form automatischer Warmwasserbereitung führt. Wirtschaftliche Voraussetzung für diese Entwicklung war jedoch die relative und absolute Preisdegression der entsprechenden Elektrogeräte sowie das ständige Zurückbleiben der Strompreise gegenüber dem Realeinkommen. Dabei ist aber festzustellen, daß die letztgenannte Entwicklung nur zum Teil einer echten Kostendegression der elektri-

schen Energie zuzuschreiben ist, sondern daß in erheblichem Maße staatlicher, volkswirtschaftlich gesehen, nicht sehr zweckmäßiger Preisdirigismus dazu beigetragen hat.

Trotz dieses erheblichen Anteiles elektrischer Energie, die für die Deckung des Wärmebedarfes in vielen Industriestaaten heute bereits verwendet wird, wird damit erst ein geringer Prozentsatz des gesamten Wärmebedarfes erfaßt. Daraus wird aber die grundsätzliche Problematik, der sich die Elektrizitätswirtschaft in einer Zeit, die durch einschneidende Preisveränderungen auf dem Primärenergiemarkt gekennzeichnet ist, deutlich. Es handelt sich um die Frage, inwieweit sie langfristig in der Lage sein wird, der zunehmenden Substitution von anderen Wärmeenergieträgern durch elektrische Energie in steigendem Umfang, insbesondere bei der Raumheizung zu entsprechen. Die für die elektrische Raumheizung im besonderen maßgebenden energiewirtschaftlichen bzw. Elektrizitätswirtschaftlichen und technologischen Voraussetzungen und Grenzen sowie die technischen Möglichkeiten ihrer Realisierung, sollen im folgenden eingehend untersucht werden. Dabei wird von nachstehenden Annahmen ausgegangen:

freie, durch keine staatlichen Eingriffe beeinflusste Konkurrenz der Energieträger,

freie Marktwirtschaft,

Beachtung aller Notwendigkeiten, die sich aus den Erfordernissen des Umweltschutzes ergeben,

Erfüllung aller Forderungen für eine sichere Energieversorgung.

2. Energiewirtschaftliche Grundprobleme der Raumheizung

2.1 Umfang und Entwicklung des Wärmebedarfes für die Raumheizung

Innerhalb des Wärmebedarfes von Industriestaaten in gemäßigten und nördlichen Breiten stellt der Wärmebedarf für die Raumheizung neben der Warmwasserbereitung einen bedeutenden Anteil der gesamten bereitzustellenden Energie dar. Dem Fortschritt der Wohnkultur und der hygienischen Bedürfnisse entsprechend ist dieser Anteil in stärkerer Zunahme begriffen, als z. B. der Bedarf für industrielle Wärmeprozesse. Er ist somit ein wesentlicher Faktor für die Zunahme der Energienachfrage insgesamt.

Danach beträgt in der Bundesrepublik Deutschland (BRD) der Anteil der Haushalte und sonstigen Kleinverbraucher im Jahre 1960 erst 36% des gesamten Energieendverbrauches (Sekundärenergiebedarf). Dieser Anteil stieg 1970 bereits auf 44% und wird 1980 etwa 50% betragen. Verursacht wird diese Entwicklung durch den Übergang von der Einzelheizung zur Sammelheizung bzw. Fernheizung, verbunden mit dem Trend zu besseren und größeren Wohnungen. Dies kommt deutlich in der Zunahme des spezifischen Wärmebedarfes je Wohnung nach Tab. 3 zum Ausdruck [10].

Tabelle 3. Zunahme des spezifischen Wärmebedarfes je Wohnung in der BRD [10]

	1960	1970	1980
Wohnungsanzahl (Millionen)	16,2	20,6	24,0
Spezifischer Heizwärmebedarf je Wohnung (Gcal)	10,3	16,8	23,0

Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang die starke Zunahme des Warmwasserbedarfes, dessen Deckung eng mit der Art des betreffenden Raumheizungssystems verknüpft ist und daher nicht isoliert von der Entwicklung und den energiewirtschaftlichen Konzeptionen der künftigen Raumheizungsmethoden betrachtet werden kann. Nach [10] wird der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung im Haushalt in der BRD je Person und Jahr sich wie folgt entwickeln:

	1960	1970	1980
Warmwasserbedarf je Person im Haushalt (kg/d)	58,11	86,3	134,29

Eine durchaus gleichartige Entwicklung des Raumheizungsbedarfes zeigt auch die Entwicklung in Österreich (siehe Abb. 4) sowie in der Schweiz (Tab. 4).

Aus den Abb. 3 und 4 sowie aus Tab. 4 geht die zunehmende Bedeutung des Wärmebedarfes der Haushalte, insbesondere für Zwecke der Raumheizung, hervor. Bemerkenswert ist hierbei aber, daß die Impulse für diese Entwicklung nur zum Teil der steigenden Wohnungsanzahl zugeschrieben werden können. Vielmehr ist hierfür auch, wie die Entwicklung der Vergangenheit zeigt, die Zunahme des spezifischen Wärmebedarfes pro Wohnung von wesentlicher Bedeutung, verursacht durch

a) den Übergang von der Einzelofenheizung auf Sammelheizung bzw. Fernheizung aller Art und damit gleichmäßige Beheizung aller Wohnräume;

b) durch steigende Anforderungen an die Wohnraumtemperaturen überhaupt.

Tabelle 4. *Gesamter Energiebedarf und angenäherter Energiebedarf für die Raumheizung in der Schweiz* [11]

Jahr	Gesamter Energiebedarf Tcal	Energiebedarf für Raumheizung (angenähert)		
		Tcal	% des gesamten Bedarfes	je Wohnung Gcal
1950	42,423	27,800	65	21
1955	55,847	32,670	59	22,5
1960	73,831	37,650	51	24
1965	112,137	52,840	47	29
1970	149,478	68,500	45	33
1975	193,000	86,400	45	39
1980	241,000	108,200	45	43

Bei einem Vergleich der Werte über den spezifischen Heizenergieverbrauch fallen die verhältnismäßig hohen Ziffern der Schweiz auf. Hier ist aber zu berücksichtigen, daß, bezogen auf den gleichen Zeitpunkt, durch den wesentlich größeren Anteil an Sammelheizungen schon früher ein höherer Entwicklungsstand mit entsprechend größerem Heizenergiebedarf erreicht wurde. Weiters spielt die Wohnungsstruktur (höherer Anteil von Ein- und Zweifamilienhäusern mit spezifisch größerem Wärmebedarf) mit herein und letztlich auch die Frage, wie weit zumindest teilweise der Energiebedarf für die Warmwasserbereitung mit eingeschlossen ist. Weiters wäre noch zu bemerken, daß die angegebenen spezifischen Verbrauchswerte je Wohnung sich auf den durchschnittlichen Energieeinsatz bei Sammelheizung bzw. Einzelofenheizung loko Abnehmer auf Basis fester, flüssiger oder gasförmiger Brennstoffe beziehen. Die korrespondierenden Werte für elektrische Heizsysteme loko Abnehmer würden nach Pkt. 3 bei etwa 40—50% liegen.

Vergleicht man die vorliegenden Prognosewerte mit dem nach den üblichen Berechnungsvorschriften ermittelten Heizenergiebedarf für Wohnungen in Ein- bzw. Mehrfamilienhäusern, so ist wohl die Feststellung berechtigt, daß man hier effektiv schon Werte nennt, deren Überschreitung bei einigermaßen vernünftiger Wärmewirtschaft auszuschließen ist. Abgesehen von der zu