
Energiesparen 1973–1985: Eine empirische Untersuchung für Österreich

Franz Wirl¹

1. Einleitung

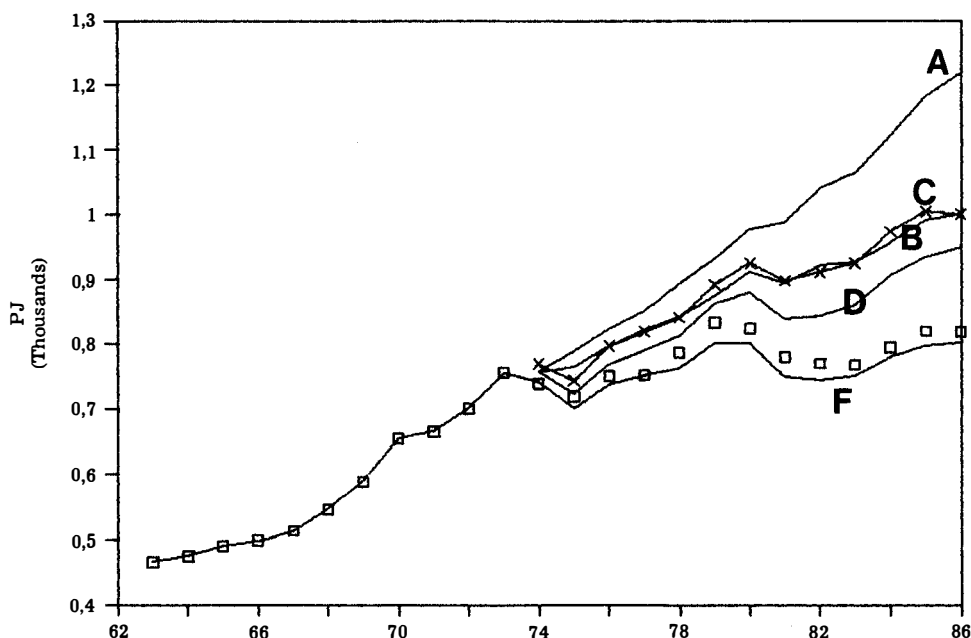
Diese Untersuchung versucht die Energieeinsparungen über den Zeitraum 1973–1985, der sogenannten OPEC-Dekade, zu quantifizieren. Abb. 1 motiviert diese Untersuchung deutlich. Der Energieverbrauch wuchs im Zeitraum 1963–1973 mit einer durchschnittlichen Rate von über 5 Prozent per annum. Anwendung dieser Wachstumsrate würde einen Endenergieverbrauch (inkl. nicht energetischer Verwendungen; dies gilt für die ganze Arbeit) von über 1300 PJ für 1986 implizieren. Hingegen liegt der tatsächliche Energieverbrauch für 1986 bei 821 PJ; Musil (1988) prognostiziert etwas über 900 PJ für die Jahrtausendwende.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, die Divergenz zwischen diesen beiden Kurven in der obigen Abbildung zu erklären und auch zu quantifizieren. Folgende Faktoren sind geeignet, diese Abweichung vom historischen Trend zu erklären: geringeres Wirtschaftswachstum, strukturelle Änderungen etwa von energieintensiver Grundstoffindustrie hin zu Dienstleistungen, Energieeinsparungen, effizientere Techniken, und im Falle von Brennstoffen auch Substitution.

Zu diesem Zweck wird auf ein empirisches Modell für den österreichischen Energiemarkt zurückgegriffen, siehe Wirl (1989). Andere empirische Ansätze zur Bestimmung des österreichischen Energiebedarfes findet man in Schmoranz (1982) und in Wirl (1987); Musil (1988) präsentiert die jüngsten offiziellen Prognosen für den zukünftigen österreichischen Energieverbrauch.

Abbildung 1

Energieverbrauch 1963–86 und Extrapolation 74–86



Kapitel 2 stellt kurz das Modell vor und legt die empirischen Annahmen dar. Kapitel 3 quantifiziert mit Hilfe dieses Modells die eingangs erwähnten Komponenten. Eine Zusammenfassung schließt die Arbeit ab.

2. Das Modell

In Wirl (1989) wird ein ökonometrisches Modell für den österreichischen Energiemarkt entwickelt. Hier soll nur kurz die Modellierung der Nachfrage skizziert werden, um die Quantifizierung in Kapitel 3 hinreichend zu erläutern. Im Modellansatz wird insbesondere auf irreversible Änderungen eingegangen, die durch mehr als ein Jahrzehnt „hoher“ Energiepreise auch den zukünftigen Bedarf – trotz niedriger Preise – beeinflussen werden. Die Berücksichtigung dieses asymmetrischen Verhaltens ist essentiell, da der Energiebedarf – weder in Österreich noch international (vgl. Wirl [1988]) – auf den Ölpreisverfall 1986 so reagiert hat, daß er durch historische Preiselastizitäten erklärbar wäre.

Die Grundidee hier ist, daß die Periode hoher Energiepreise auf der Angebotsseite einen Forschungsprozeß initiierte, der die Effizienzen zahlreicher Anwendungsgüter verbesserte. Die momentan niedrigen Energiepreise entmutigen zwar weitere Forschung, aber das bestehende Know-how ist irreversibel. Ein Technologieindex T beschreibe

diese Effizienzsteigerungen der Anwendungsgüter. Idealerweise sollte diese Technologievariable T für die empirische Beziehung bekannt sein, z. B. durchschnittlicher Benzinverbrauch eines wohl definierten Korbes an neuen PKW. Die Effizienz der neugekauften Autos selbst wäre ein schlechter Indikator, da dies die weiteren – über die Technologie hinausgehenden – Veränderungen des Konsumverhaltens wie die Wahl kleinerer Autos im Zeitraum 1973–1985 beinhaltet. Der technologische Zustand, z. B. die eminenten Effizienzverbesserungen bei PKW seit 1974, sind selbst aber eine Folge der Energiepreiserhöhungen.

Da der „technische Standard“ nur schwer beschreibbar ist, insbesondere auf sektorieller Ebene, soll diese Asymmetrie über Umwege quantifiziert werden. Die Idee, einen solchen Index zu konstruieren, fußt auf der Annahme, daß technologisches Know-how irreversibel ist. Wachsen Energiepreise, dann wird in Forschung und Entwicklung investiert und die Effizienzen verbessern sich (wahrscheinlich). Fallen hingegen die Energiepreise, bleibt der momentane technologische Status erhalten. Entsprechend dieser Motivation wird ein exponentiell fallendes „Gedächtnis“ des preisinduzierten Technologieschubes spezifiziert, das nur bei Erhöhungen des Preises (über bereits verarbeitete Niveaus hinaus) den Index erhöht.

Diese Technologievariable wird in eine Gleichgewichtsnachfrage mit konstanten Elastizitäten und in einen einfachen dynamischen Anpassungsprozeß inkorporiert. Somit erhält man folgende Schätzgleichung:

$$\ln E_t = a + b \ln p_t + c \ln y_t + d \ln T_{t-L} + \theta t + \lambda \ln E_{t-1} \quad (1)$$

Dabei beschreiben E_t den sektoriellen Energiebedarf, p_t den realen Energiepreis (auch je Branche), y_t das Aktivitätsniveau oder Einkommen. Technologieverbesserungen reagieren nicht nur verzögert auf Preisimpulse, sondern erreichen eventuell nur verspätet, etwa um L Perioden, den Markt. Die (zu schätzenden) Parameter (b , c , d) repräsentieren die kurzfristigen Elastizitäten, θ beschreibt die autonomen Effizienzverbesserungen und λ , $0 < \lambda < 1$, bestimmt die Anpassungsgeschwindigkeit.

Tabelle 1 faßt die Ergebnisse der empirischen Schätzung von (1) zusammen und dokumentiert u. a. folgendes:

- a) Die Elastizität respektive irreversibler, d. h. technologisch bedingter, Energieeinsparung ist substantiell.
- b) Der symmetrische Preiseffekt ist teilweise relativ gering.
- c) Autonome technische Verbesserungen sind selten, und wenn, dann gering.

Die Brennstoffanteile der kommerziellen Formen der Energie (fest, flüssig, gasförmig und elektrisch) werden mit Hilfe eines Ansatzes nach dem multinational logit model modelliert (Holz und Fernwärme bleiben dabei jedoch exogen). Der Hauptvorteil dieses Vorgehens ist, daß die Brennstoffe als imperfekte Substitute behandelt werden, wobei jeder Brennstoff spezifische Vorteile und Nachteile hat und die empirischen Daten die Information über diesen Substitutionsprozeß liefern.

Sei S_i der Anteil des Brennstoffes i , dann beschreibe (2) + (3) die prinzipiell alle Kreuzpreiseffekte und auch ein brennstoffspezifisches

Tabelle 1

Schätzung der Energienachfrage

	langfristige ELASTIZITÄTEN			
	Preis $a/(1-\lambda)$	Technik $d/(1-\lambda)$	Einkommen $c/(1-\lambda)$	Trend $\theta/(1-\lambda)$
Bergbau	-0.03	-0.29	1.00*	
Stein ^a	-0.15	-0.57	1.00*	
Strom	-0.57		0.88	
Nahrung ^a		-0.35	1.00*	
Strom	-0.91		0.98	
Textil*	-0.19	-0.02	1.00*	-0.02
Holz	-0.25	-0.23	1.00*	
Chemie	-0.07	-0.16	0.71	
Glas	-0.24	-0.52	1.00*	-0.03
Stahl	-0.38	-0.10	1.00*	
Metall	-0.18	-0.37	1.00	
Maschinen	-0.14	-0.05	1.00*	
Elektro	-0.45	-0.10	1.00*	-0.01
Kleinverbrauch	-0.19	-0.06	1.14	
Verkehr	-0.09	-0.24	1.44	

* Postulat unitärer Einkommenselastizität

Für Papier und Fahrzeug konnte keine Schätzung befriedigen.

a Brennstoffe, ohne Elektrizität

Differential für die Einkommenselastizität zuläßt. Die Parameter α_{ij} repräsentieren unbeschränkte Anteilspreiselastizitäten, d. h. die Preiseffekte exklusive der Rückkoppelung aufgrund der Additionsbedingung². Aus Konsistenzgründen muß der Parameter δ über die Anteile hinweg konstant gehalten werden³. Tabelle 2 dokumentiert die Schätzergebnisse.

$$S_i = \frac{e_i}{\sum_{j=1}^n e_j} \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

den Anteil des Brennstoffs i am (sektoriellen) Endenergieverbrauch; n steht für die Anzahl der betrachteten Brennstoffe. Dabei wird eine allgemeine Spezifikation der erklärenden Funktion f_i gewählt:

$$f_i(.) = K_i + \sum_{j=1}^n \alpha_{ij} \ln p_{jt} + \beta_i \ln y_t + \delta \ln q_{it-1}, \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

Tabelle 2

Energiesparen in Österreich

Langfristige „Anteilselastizitäten“ $\alpha_{ij}/(1-\delta)$

Branche	Brennstoff	Öl	Gas	Kohle	Strom
Bergbau	Öl	-0.55			8.27
	Gas	0.09	-0.36		
	Kohle		2.18	-0.73	
	Strom		0.64		-0.55
Stein ^a	Öl	-1.55		1.73	
	Gas		-0.58	0.30	
	Kohle	4.24		-4.00	
Nahrung ^a	Öl	-2.33	1.33		
	Gas		-2.00	5.83	
	Kohle	9.00		-0.33	
Textil ^a	Öl	-2.33	1.22		3.89
	Gas	9.00	-5.44		
	Kohle	8.00		-0.89	
	Strom	0.67			-2.11
Holz	Öl	-0.41			1.25
	Gas	0.76	-1.27		
	Kohle	1.39		-1.39	
	Strom		0.20		-0.20
Papier	Öl	-0.74	0.37		2.07
	Gas	0.43	-0.26		
	Kohle	1.15		-0.67	
	Strom		0.17		-0.67
Chemie	Öl	-0.29	0.09		
	Gas	0.89	-0.42		
	Kohle	0.67		-0.26	
	Strom		0.11		-0.17
Glas	Öl	-1.96			
	Gas	1.30	-0.48		
	Kohle				
	Strom				-0.59
Stahl	Öl	-0.38	0.56		
	Gas	0.17	-0.15		
	Kohle		0.23	-0.21	
	Strom	0.23			-0.40
Metall	Öl	-0.78			5.78
	Gas		-0.17		
	Kohle	1.83		-1.83	
	Strom		0.61		-1.78
Maschinen	Öl	-0.43	0.17		
	Gas	1.03	-0.53		
	Kohle			-1.33	
	Strom	0.23			-0.23
Elektro	Öl	-0.17	0.58		
	Gas	0.63	-0.63		
	Kohle				
	Strom	0.06			-0.15
Fahrzeug	Öl	-2.36	0.82		
	Gas	3.00	-4.73		
	Kohle				
	Strom	0.55			-0.55
Kleinverb.	Öl	-0.54			0.06
	Gas	0.31	-0.63		1.09
	Kohle	0.66		-0.14	
	Strom	0.17			-0.03

a Brennstoffe, ohne Elektrizität

3. Ergebnisse

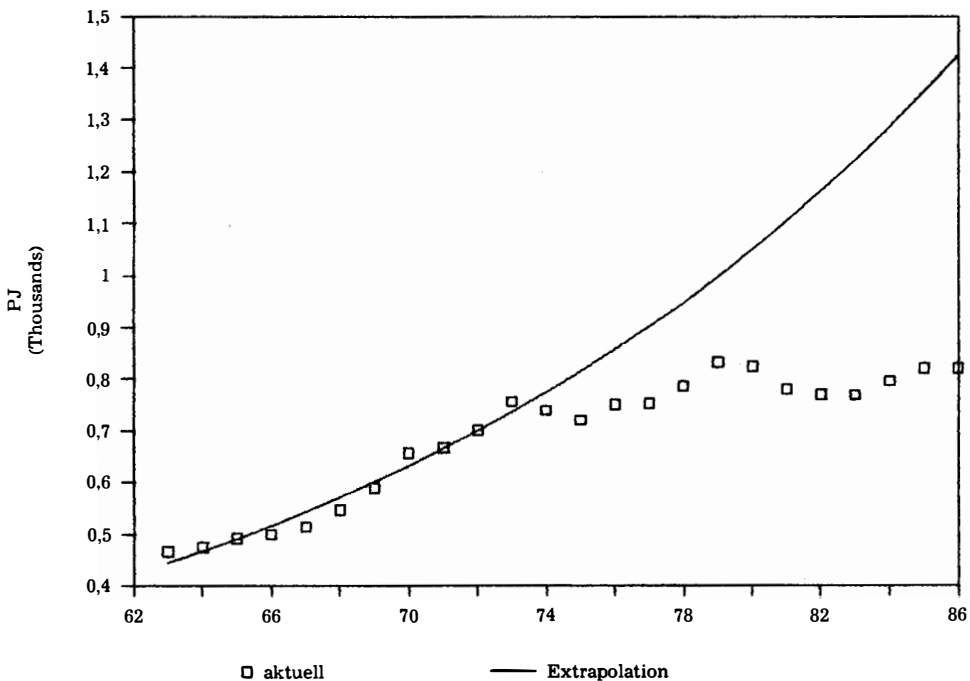
Das in Kapitel 2 skizzierte Modell dient hier zur Quantifizierung der einzelnen Effekte, die die Abweichung des Energieverbrauches vom historischen Trend erklären. Zu diesem Zweck wurden mit dem Modell folgende dynamischen Läufe über den Zeitraum 1974–1986 durchgeführt:

- A. Energiepreise von 1973, durchschnittliche Wirtschaftswachstumsraten von 63 bis 73.
- B. Energiepreise von 1973, tatsächliche Wirtschaftsentwicklung.
- C. Energiepreise 1973, tatsächliches Wirtschaftswachstum, aber keine strukturellen Änderungen gegenüber der historischen Entwicklung.
- D. Tatsächliche Energiepreise und Wirtschaftsentwicklung, aber keine verbesserten Techniken ($T = 1$).
- E. Tatsächliche Energiepreise und Wirtschaftsentwicklung, aber keine preisinduzierte Brennstoffsubstitution.
- F. Tatsächliche Energiepreise, tatsächliche Wirtschaftsentwicklung.

Abb. 2 zeigt dabei die Ergebnisse der Läufe A–D und F für den Endenergieverbrauch. Der letzte Lauf stellt dabei eine ex post Prognose dar, die äußerst befriedigend scheint; die kleinen Quadrate repräsentieren den tatsächlichen Bedarf. Die Differenz (A–B) quantifiziert den Effekt reduzierter wirtschaftlicher Aktivität als Folge zweier schwerer,

Abbildung 2

Hypothetischer Energieverbrauch 1974–86



zumindest partiell durch hohe Energiepreise verursachter, Rezessionen. Dieser Effekt ist zwar mit 47 Prozent groß (siehe dazu Tabelle 3), wird aber doch von den aggregierten Einsparungen – Technikverbesserungen, Komfortverzichte und geänderte Konsumbedürfnisse – noch dominiert. Überraschend ist, daß die strukturellen Veränderungen keinen Beitrag zur Erklärung des geringeren Energiebedarfswachstums liefern können, $(B-C) \approx 0$. Deshalb wird auf diesen Struktureffekt im folgenden verzichtet. Daher repräsentiert $(B-D)$ die reversible Energieeinsparung. Die momentan niedrigen Energiepreise können dieses Marktpotential wieder erschließen. Hingegen bleiben die Einsparungen $(D-F)$ trotz niedriger Energiepreise erhalten.

Tabelle 3

Reduktion des Energieverbrauches 1985 (PJ)

	Industrie	Kleinverb.	Verkehr	Gesamt
Situation <73 (A)	472	428	281	1.181
ex-post Prognose (F)	308	316	175	799
Differenz (A-F)	164	112	106	382
	35%	26%	38%	32%
Aufteilung Differenz:				
Wachstum (A-B)	77	57	42	176
% an Differenz	47%	51%	40%	46%
Einsparung (B-F)	57	55	64	206
	53%	49%	61%	54%
davon:				
Preis-symm. (B-D)	33	29	8	70
	20%	26%	8%	18%
Technik-irr. (D-F)	54	26	56	136
	33%	23%	53%	36%

Tabelle 3 zeigt die sektoriellen Ergebnisse für das Jahr 1985. Dabei ist die Aufteilung zwischen Wachstums- und Einsparungseffekten etwa gleich. Im Verkehr dominieren die Einsparungen, und diese wiederum werden von Effizienzverbesserungen dominiert. In den anderen beiden Sektoren ist die Aufteilung des Preiseffektes in einen symmetrischen und in einen irreversiblen in etwa ausgeglichen.

Tabelle 4 ist analog zu Tabelle 3, nur wird der Effekt auf die einzelnen Brennstoffe für 1985 dargestellt. Für den wichtigsten Energieträger Öl tragen reduziertes Wachstum, Einsparungen und Brennstoffsubstitution in groben Zügen etwa gleich zur Reduktion bei. Hingegen profitieren alle anderen Brennstoffe von diesem Substitutionsprozeß; negative Zahlen in der Zeile Substitution drücken einen Gewinn an Marktanteilen aus. Von diesem Substitutionsprozeß profitiert Kohle relativ am stärksten, aber absoluter Gewinner ist Strom, der in dieser Dekade ganz passabel im Wärmemarkt reüssieren konnte.

Tabelle 4

**Energiesparen in Österreich
Reduktion des Brennstoffverbrauches 1985 (PJ)**

	Öl	Gas	Kohle	Strom
Situation <73 (A)	638	182	91	157
ex-post Prognose (F)	354	132	87	127
Differenz	284	50	4	30
	45%	27%	4%	19%
Aufteilung Differenz:				
Wachstum (A-B)	96	32	4	28
% an Differenz	34%			
Einsparung (B-E)	116	32	19	28
	41%			
Substitution (E-F)	72	-14	-19	-26
	25%			

Aufgrund negativer Substitutionen werden die Prozente für Gas, Kohle und Strom unterdrückt.

4. Zusammenfassung

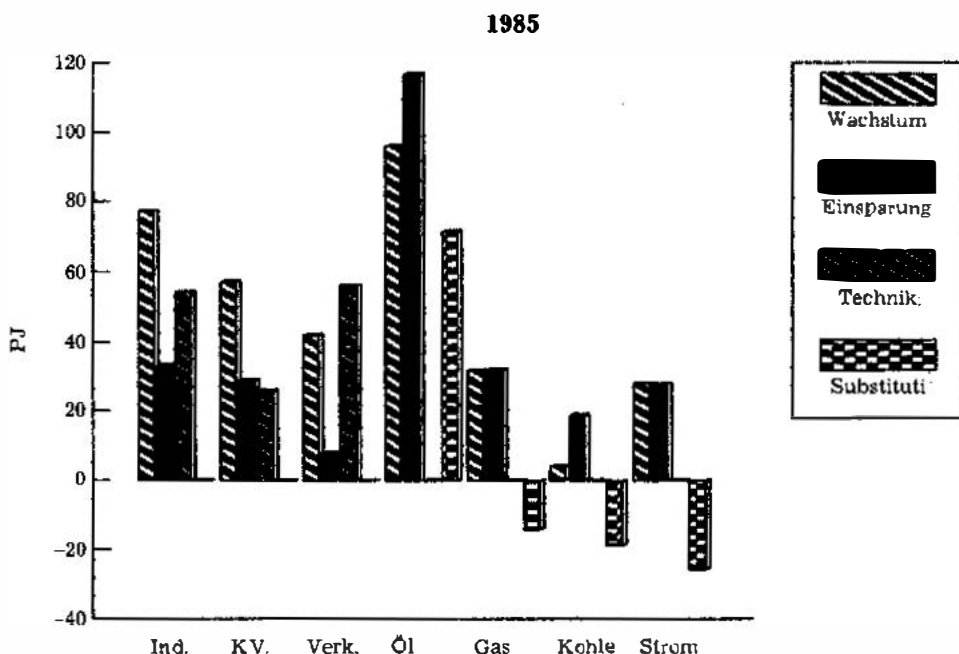
Ziel dieser Arbeit war es, den Einbruch des Energieverbrauches in der Periode 1974–1985 gegenüber dem historischen Trend zu erklären. Dabei wurde auf ein ökonometrisches Modell des österreichischen Energiemarktes zurückgegriffen. Abb. 3 stellt die Hauptergebnisse für das 1985 – das letzte Jahr „hoher“ Energiepreise – dar. Diese Abbildung zerlegt die Abweichungen vom historischen Verhalten in die Bestandteile: reduziertes Wachstum, Einsparungen – disaggregiert in technik- und verhaltensbedingt – und Brennstoffsubstitution. Im Falle aggregierten, sektoralen Energieverbrauches tritt natürlich kein Substitutionseffekt auf, und in der Darstellung der Brennstoffentwicklung wird der Einsparungseffekt aggregiert gezeichnet.

Die Einsparungen der aggregierten Energie gehen in etwa zu gleichen Teilen auf geringeres Wirtschaftswachstum und preisinduzierte Einsparungen zurück. Strukturelle wirtschaftliche Verschiebungen können keinen signifikanten Beitrag erklären. Von den preisinduzierten Einsparungen wiederum sind zwei Drittel technikgebunden und daher irreversibel. Auch niedrige Energiepreise können diesen Bedarf nicht mehr generieren. Das einleuchtendste Beispiel: die niedrigen Benzinpreise ermutigen wieder zum Ankauf größerer Autos; aber diese Autos sind viel effizienter als ihre Vorgänger aus dem Jahr 1973.

Bei den Brennstoffen wurde der wichtigste Energieträger Öl nicht nur durch reduziertes Wirtschaftswachstum und energiesparende Maßnahmen getroffen, sondern auch noch durch Substitution zu anderen, kostengünstigeren Energieträgern. Umgekehrt milderten diese Substitutionsprozesse die anderen Effekte für die Brennstoffe Gas, Kohle und

Abbildung 3

Komponenten für Abweichung des Bedarfes vom Trend



Strom. Insbesondere die Elektrizität profitierte von diesem Prozeß und konnte im Zeitraum 1974–1985 ihre Marktanteile stark erhöhen. Die momentan niedrigen fossilen Energiepreise und insbesondere niedrige Ölpreise können diese Substitutionen wieder rückgängig machen.

Anmerkungen

- 1 Ich danke Elisabeth Szirucsek für die Unterstützung bei dieser Untersuchung.
- 2 Die tatsächlichen Anteilelastizitäten und auch die Quantitätselastizitäten sind komplizierter, siehe Wirl (1987).
- 3 Dieser Parameter wird als freier Parameter in der Anteilsgleichung für Strom bestimmt, da diesem Energieträger zentrale Aufmerksamkeit in der öffentlichen Diskussion geschenkt wird.

Literatur

- Musil, Karl: Energieprognose bis zum Jahr 2000, WIFO-Monatsberichte 9/1988
- Schmoranz, Ingo: Eine Analyse der Energienachfrage in Österreich, Quartalshefte II/82, 153–168 (1982)
- Wirl, Franz: Energy Policy of Industrialized Countries: The Austrian Experience Evaluated within an Empirical Framework, Energy Exploration & Exploitation, 5, 141–156 (1987)
- Wirl, Franz: Asymmetrical Energy Demand Pattern: Some Theoretical Explanations, Opec Review, 12, 345–369 (1988)
- Wirl, Franz: Ein empirisches Modell des österreichischen Energiemarktes, TU Wien, Institut für Energiewirtschaft (1989)