

K. Ostertag · E. Jochem · J. Schleich · R. Walz  
M. Kohlhaas · J. Diekmann, H.-J. Ziesing

# Energiesparen – Klimaschutz, der sich rechnet

Ökonomische Argumente in der Klimapolitik

Unter Mitarbeit von  
Heinz Strebel und Gudrun Krenický

Mit 14 Abbildungen  
und 15 Tabellen

**Physica-Verlag**

Ein Unternehmen des Springer-Verlags

# Inhaltsverzeichnis

Seite

<b>Kurzfassung .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung und Problemstellung.....</b>	<b>31</b>
<b>2 Grundlagen zum Verständnis .....</b>	<b>35</b>
2.1 Akteurs- und Analyseebenen: ein erster Schritt zum Verständnis.....	35
2.1.1 Die einzelwirtschaftliche Perspektive .....	36
2.1.2 Die energiesystemanalytische Perspektive.....	36
2.1.3 Die gesamtwirtschaftliche Perspektive.....	38
2.2 Zentrale Begriffe und Konzepte .....	39
<b>3 Bewertung von Energiesparmaßnahmen aus     einzelwirtschaftlicher Sicht.....</b>	<b>43</b>
3.1 Betriebswirtschaftliche Verfahren zur Bewertung von REN-Maßnahmen.....	45
3.1.1 Definition von Kosten und Nutzen aus einzelwirtschaftlicher Sicht .....	47
3.1.2 Statische Kosten- bzw. Gewinnvergleichsrechnung und Probleme der Kostenzurechnung.....	48
3.1.2.1 Vollkosten- oder Teilkostenrechnung? .....	49
3.1.2.2 Welche Kostendaten sind relevant? .....	51
3.1.2.3 Kosten- oder Gewinnvergleichsrechnung?.....	54
3.1.3 Dynamische Wirtschaftlichkeitsbetrachtung.....	56
3.1.3.1 Der Kapitalwert .....	56
3.1.3.2 Die Annuitätenmethode.....	59
3.1.3.3 Der interne Zinssatz.....	60
3.1.4 Die Rolle der Amortisationsdauer als Bewertungskriterium.....	62
3.1.5 Mehrdimensionale Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung.....	64
3.2 Schlüsselfälle der Bewertung betrieblicher REN-Maßnahmen.....	66
3.2.1 Dezentrale Wärmeenerzeugung .....	66
3.2.1.1 Bewertung gemäß der VDI-Richtlinie 6025.....	67
3.2.1.2 Fragen der Bewertung vermiedenen Wärmebedarfs .....	71
3.2.2 Stromeigenerzeugung durch Kraft-Wärme-Kopplung.....	74
3.2.2.1 Besonderheiten bei der Bewertung von BHKW.....	74

3.2.2.2	Bewertung der Kuppelprodukte Wärme und Strom.....	75
3.2.3	REN-Investitionen in Nebenanlagen.....	76
3.2.4	Reduzierung des Nutzenergiebedarfs.....	78
3.3	Private und öffentliche Haushalte als einzelwirtschaftliche Entscheider.....	80
3.3.1	Die Perspektive der privaten Haushalte.....	80
3.3.2	Die Perspektive des öffentlichen Sektors.....	81
3.4	Einflüsse ausgewählter Rahmenbedingungen.....	83
3.4.1	Die Bedeutung von Energiepreiserwartungen.....	83
3.4.2	Liberalisierung, Demand-Side-Management und Contracting.....	84
3.4.3	Einflüsse ordnungsrechtlicher Rahmenbedingungen.....	86
3.4.4	Einflüsse steuerrechtlicher Rahmenbedingungen.....	87
3.5	Fazit zur einzelwirtschaftlichen Bewertung von Energiesparmaßnahmen.....	89
	Literatur zu Kapitel 3.....	92

<b>4</b>	<b>Kostenaspekte der Treibhausgasminde- rung in Energiesystemanalysen.....</b>	<b>97</b>
4.1	Szenarien- und Modellanalysen.....	98
4.1.1	Modellgestützte Systemanalysen.....	98
4.1.2	Grundstruktur von Energiesystemanalysen und deren Schlüsselgrößen.....	101
4.2	Kosten- und Potentialkonzepte.....	105
4.2.1	Der Kostenbegriff aus volkswirtschaftlicher Sicht.....	105
4.2.2	Möglichkeiten der Minderung von Treibhausgasen in Energiesystemanalysen.....	107
4.2.3	Minderungspotentiale und Hemmnisse.....	108
4.2.4	Kann Klimaschutz in Energiesystemmodellen mit Kosteneinsparungen verbunden sein?.....	110
4.3	Kostenbewertung am Beispiel des IKARUS-Modells.....	112
4.3.1	Überblick: IKARUS-Datenbank und -Modelle.....	112
4.3.2	Methodische Grundlagen des IKARUS-Optimierungsmodells.....	114
4.3.3	Kostendefinitionen und -zurechnungen.....	116
4.3.4	Interpretation durchschnittlicher und marginaler Vermeidungskosten.....	120
4.3.5	Vergleich mit ähnlichen Optimierungsmodellen.....	123
4.4	Bedeutung von Unsicherheiten.....	125

4.5	Ursachen von Abweichungen der Ergebnisse unterschiedlicher Studien .....	129
4.6	Fazit zur Bewertung von Energiesparmaßnahmen in Energiesystemanalysen.....	131
	Literatur zu Kapitel 4.....	137
<b>5</b>	<b>Gesamtwirtschaftliche Aspekte für Kosten-Wirksamkeitsanalysen .....</b>	<b>141</b>
5.1	Definition von Kosten und Nutzen aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive .....	141
5.2	Wirkungsmechanismen .....	143
5.2.1	Preis- und Kosteneffekte .....	144
5.2.2	Nachfrageeffekte .....	146
5.2.3	Innovationseffekte .....	147
5.2.4	Wirkungsrichtung der ausgelösten Impulse .....	150
5.3	Modellierungsansätze – wichtige Entscheidungen bei der Modellierung .....	153
5.4	Überblick über Ergebnisse von Modellanalysen .....	157
5.5	Timing der Emissionsreduktion .....	162
5.6	Reduktion der externen Kosten .....	165
5.7	Fazit zur Bewertung von Energiesparmaßnahmen in gesamtwirtschaftlichen Analysen.....	170
	Literatur zu Kapitel 5.....	171
<b>6</b>	<b>Querschnittsaspekte: Transaktions- und Programmkosten.....</b>	<b>177</b>
6.1	Grundsätzliche Überlegungen zur Transaktionskostendebatte .....	177
6.2	Transaktionskosten an drei konkreten Beispielen .....	179
6.2.1	Hocheffiziente Elektromotoren (HEM).....	179
6.2.2	Kostenunterschied zwischen interner und externer Abwärmenutzung .....	181
6.2.3	Druckluft-Leckageüberwachung .....	183
6.3	Contracting als Weg zur Verminderung der Transaktionskosten.....	185
6.4	Kosten und Nutzen von Programmen .....	187
6.5	Implikationen für Energiesystemanalysen und gesamtwirtschaftliche Analysen .....	190

6.5.1	Daten-Input.....	190
6.5.2	Modellstruktur und Ergebnisse .....	191
6.6	Schlussfolgerungen .....	192
	Literatur zu Kapitel 6.....	194
<b>7</b>	<b>Synopse der drei Analyseebenen.....</b>	<b>197</b>
7.1	Drei Betrachtungsebenen auf einen Blick .....	197
7.2	Unterschiedlich besetzte Begriffe auf den drei Analyseebenen.....	201
7.2.1	Was heißt "dynamisch"?.....	202
7.2.2	Der Sinn unterschiedlicher Kalkulationszinssätze .....	202
7.2.3	Ressourcenverzehr: mit oder ohne Steuern und Subventionen? .....	203
7.3	Verknüpfung der Analyseebenen .....	203
<b>8</b>	<b>Empfehlungen für die Klimapolitik.....</b>	<b>207</b>
8.1	Handlungsempfehlungen für die Klimapolitik.....	207
8.2	Strategie für die Forschungsförderung .....	210
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>213</b>
	<b>Annex 1 .....</b>	<b>223</b>
A.1	Einzelwirtschaftliche Bewertungsverfahren am praktischen Beispiel.....	223
	<b>Annex 2 .....</b>	<b>235</b>
A.2	Liberalisierung der Elektrizitätswirtschaft .....	235
A.2.1	Die aktuelle Beschlusslage .....	235
A.2.2	Preisbildung.....	237
A.2.3	Netzzugang und Durchleitungsrechte.....	237
A.2.4	Kommunen und EVU.....	239

## Verzeichnis von Exkursen

	Seite
Box 3.1: Statische versus dynamische Verfahren der Wirtschaftlichkeitsrechnung .....	46
Box 3.2: Ausgaben oder Kosten? – Fachbegriffe versus Sprachalltag .....	48
Box 3.3: Besonderheiten bei der Identifizierung und monetären Bewertung von Energieeinspareffekten bei leitungsgebundenen Energieträgern und Brennstoffen .....	53
Box 3.4: Auf- und Abzinsung in der dynamischen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	57
Box 3.5: Formel zur Berechnung des Kapitalwertes .....	58
Box 3.6: "Annuisierte Investitionskosten" oder "Annuität einer Investition"? .....	60
Box 3.7: Kapitalwert oder interner Zinssatz? .....	61
Box 3.8: Ein- versus mehrdimensionale Bewertungsverfahren .....	66
Box 3.9: Dampf $\neq$ Dampf $\neq$ Wärme .....	73
Box 3.10: Die "vergessenen" Nebenanlagen .....	77
Box 3.11: Positivbeispiel einer umfassenden energetischen Sanierung .....	79

## Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abbildung I: In verschiedenen Studien ermittelte Auswirkungen einer Klimapolitik auf die Beschäftigung .....	22
Abbildung II: In verschiedenen Studien ermittelte Auswirkungen einer Klimapolitik auf das Bruttoinlandsprodukt .....	23
Abbildung 3.1-1: Verlauf des Kapitalwerts in Abhängigkeit vom Kalkulationszinsfuß .....	59
Abbildung 4.1-1: Schema von Energiesystemanalysen .....	101
Abbildung 4.2-1: Konzepte von Minderungspotentialen .....	109
Abbildung 4.2-2: Kostenverlauf bei der Reduktion von Emissionen, ohne/mit Berücksichtigung von Hemmnissen .....	111
Abbildung 5.2-1: Wirkungsrichtung der ausgelösten Impulse .....	152
Abbildung 5.4-1: In verschiedenen Studien ermittelte Auswirkungen einer Klimapolitik auf die Beschäftigung .....	158
Abbildung 5.4-2: In verschiedenen Studien ermittelte Auswirkungen einer Klimapolitik auf das Bruttoinlandsprodukt .....	159
Abbildung 5.6-1: Bandbreite der in unterschiedlichen Studien abgeschätzten externen Kosten des Energieverbrauchs .....	166
Abbildung 5.6-2: Stilisierte Ergebnisse eines Integrated Assessment der Klimapolitik .....	169

Abbildung 6.2-1: Lebenszykluskosten von Elektromotoren.....	180
Abbildung 6.3-1: Elemente des Wärmepreises beim Contracting.....	186
Abbildung 6.6-1: Mögliche Ergebnisse der Integration von Transaktions- und Programmkosten in Kostenvergleiche.....	193

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tabelle I: Überblick über die Wirkungsmechanismen von Maßnahmen zur Erhöhung der rationellen Energieanwendung auf die Volkswirtschaft .....	20
Tabelle II: Einfluss der Wahl des Diskontierungsfaktors und des statistischen Werts für ein Menschenleben bei einem Schadenseintritt in 50 Jahren; Werte in US \$ .....	27
Tabelle 3.1-1: Abschneiden hochrentabler REN-Investitionen mit langen Nutzungsdauern bei Anwendung der Amortisationsdaueremethode .....	64
Tabelle 3.2-1: Verrechnungspreise in Abhängigkeit von der Dampfqualität.....	72
Tabelle 4.3-1: Kosten der Vermeidung energiebedingter CO <sub>2</sub> -Emissionen in Deutschland: Durchschnittskosten bei einer Reduktion um 25 % von 1990 bis 2005 (IKARUS-Modell-Ergebnisse) .....	122
Tabelle 5.1-1: Bezeichnung der Auswirkungen der Klimapolitik aus unterschiedlicher Sichtweise.....	142
Tabelle 5.2-1: Überblick über die Wirkungsmechanismen von Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz auf die Volkswirtschaft.....	143
Tabelle 5.2-2: Einfuhr/Ausfuhr von energiesparenden Erzeugnissen .....	150
Tabelle 5.3-1: Berücksichtigung der Wirkungsmechanismen in den Modellierungsansätzen.....	156
Tabelle 5.4-1: Wesentliche Ergebnisse ausgewählter Modellanalysen.....	160
Tabelle 5.6-1: Auswirkungen von drei notwendigen ethisch-normativen Annahmen auf die berechneten Folgekosten des anthropogenen Klimawandels im Bereich der landwirtschaftlichen Produktion und möglicher Todesfälle durch Verhungern .....	167
Tabelle 7.1-1: Kosten und Wirtschaftlichkeit einzelwirtschaftlich richtig ermitteln und interpretieren – einige zentrale Hinweise .....	198
Tabelle 7.1-2: Kosten und "Gewinne" in der Energiesystemanalyse richtig ermitteln und interpretieren – einige zentrale Hinweise .....	199
Tabelle 7.1-3: Kosten und Nutzen gesamtwirtschaftlich richtig ermitteln und interpretieren – einige zentrale Hinweise.....	200
Tabelle 7.3-1: Transaktions- und Programmkosten abschätzen und interpretieren – einige zentrale Hinweise.....	204