

Auswirkungen von Energieeffizienzsertifikaten auf Investitionsentscheidungen im Wohnungsbau

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften
(Dr. rer. pol.)

von der Fakultät für
Wirtschaftswissenschaften
der Universität Fridericiana zu Karlsruhe

genehmigte
DISSERTATION

von
Dipl.-Wirtschaftsingenieur. Sonja Cypra
aus Darmstadt

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Juli 2009

Referent: Prof. Dr. rer. nat. O. Rentz

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. T. Lützkendorf

2010 Karlsruhe

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis V

Abbildungsverzeichnis VII

Abkürzungsverzeichnis VIII

1 Einleitung 1

 1.1 Motivation und Problemstellung 1

 1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise 3

2 Grundlagen zur Energieeinsparung im Gebäudebereich 5

 2.1 Gebäudebestand in Deutschland 5

 2.1.1 Energieeinsparpotenziale im Wohngebäudebestand in Deutschland 5

 2.1.2 Unterteilung des Wohngebäudebestands innerhalb einer Gebäudetypologie 7

 2.1.3 Entwicklung energiesparender Bauweisen 8

 2.2 Relevante gesetzliche Rahmenbedingungen 10

 2.2.1 Gesetzlicher Rahmen zur Energieeffizienz und Energieeinsparungen in der Europäischen Union 10

 2.2.1.1 Richtlinie 2002/91/EG zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden 10

 2.2.1.2 Protokoll von Kyoto über Klimaänderungen 11

 2.2.1.3 Richtlinie über Endenergieeffizienz und Energiedienstleistungen 11

 2.2.1.4 Aktionsplan für Energieeffizienz 12

 2.2.2 Gesetzlicher Rahmen zur Energieeffizienz und Energieeinsparungen in Deutschland 12

 2.2.2.1 Energieeinsparungsgesetz 12

 2.2.2.2 Wärmeschutzverordnung 13

 2.2.2.3 Heizungsanlagenverordnung 13

 2.2.2.4 Energieeinsparverordnung 14

 2.2.2.5 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz 15

 2.2.2.6 Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien 16

 2.3 Ausgewählte Klimaschutz- und Energieeffizienzinstrumente im Gebäudebereich 16

 2.3.1 Einordnung der Förderinstrumente in die Umweltökonomie 16

 2.3.2 Bestehende Lenkungsinstrumente 18

 2.3.2.1 Schaffung von Markttransparenz durch den Gebäudeenergieausweis 18

 2.3.2.2 Förderprogramme 18

2.3.2.3	CO ₂ -Zertifikate.....	21
2.3.3	Lenkungsinstrumente in Diskussion.....	22
2.3.3.1	Energieeffizienz- oder -insparfonds	22
2.3.3.2	Grüne Zertifikate	22
2.4	Bedeutung für die Zielsetzung.....	23
3	Weißer Zertifikate als neues Instrument für Energieeinsparungen	25
3.1	Funktionsweise Weißer Zertifikate und beteiligte Akteure	25
3.2	Grundsätze und Rahmenbedingungen Weißer Zertifikate.....	28
3.3	Marktmechanismus eines Zertifikatsystems	29
3.4	Umsetzung in ausgewählten europäischen Mitgliedstaaten	31
3.4.1	Das Energieeinsparsystem in Großbritannien	32
3.4.2	Das Energieeinsparsystem in Italien	34
3.4.3	Das Energieeinsparsystem in Frankreich	35
3.5	Weißer Zertifikate in der Gebäudemodernisierung	37
4	Entwicklung einer Methodik zur Investitionsplanung in der energetischen Gebäudesanierung	39
4.1	Lebenszyklusbetrachtung von Gebäuden.....	39
4.1.1	Lebenszyklusmodell	39
4.1.2	Lebensdauer und deren Verlängerung durch Instandhaltung.....	43
4.2	Ausgewählte technische Maßnahmen im Rahmen der energetischen Gebäudesanierung	46
4.2.1	Bauteilbezogene Maßnahmen	46
4.2.2	Anlagentechnikbezogene Maßnahmen.....	48
4.2.3	Mögliche Kombinationen	53
4.3	Charakterisierung und Übertragbarkeit der Verfahren der Investitionsrechnung auf Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung.....	54
4.3.1	Charakterisierung der Investitionsplanung	54
4.3.1.1	Klassifizierung der Investitionsarten	55
4.3.1.2	Integration ökologischer Aspekte in Investitionsentscheidungen	56
4.3.1.3	Investitionsentscheidungsprozess	57
4.3.2	Ausgewählte Methoden der Investitionsrechnung zur Beurteilung von Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung.....	59
4.3.2.1	Gemeinsamer Ansatz der Investitionsdauerentscheidungen im Kapitalwertmodell.....	61
4.3.2.2	Optimale Nutzungsdauer einer einmaligen Investition	63

4.3.2.3	Optimale Nutzungsdauer einer Investition bei einer endlichen Anzahl identischer Nachfolgeobjekte.....	63
4.3.2.4	Optimale Nutzungsdauer einer Investition bei einer endlichen Anzahl nicht-identischer Nachfolgeobjekte.....	64
4.3.2.5	Optimaler Ersatzzeitpunkt.....	65
4.3.2.6	Einbeziehung von technischem Fortschritt.....	65
4.3.2.7	Einbeziehung ausgewählter monetärer Förderinstrumente.....	66
4.3.2.8	Programmentscheidungen.....	67
4.3.3	Fazit für die Entwicklung des Planungsmodells.....	68
5	Mögliche Ausgestaltung eines Weiße-Zertifikate-Systems für Deutschland.....	71
5.1	Kernelemente eines Weiße-Zertifikate-Systems für Deutschland.....	72
5.1.1	Bemessungsgrundlage.....	72
5.1.2	Zeitliche Quotenfestlegung und Quotenhöhe.....	73
5.1.3	Einbezogene Energieträger und Quotendifferenzierung.....	75
5.1.4	Betroffene Akteure und Quotenaufteilung.....	75
5.1.5	Festlegung des Referenzszenarios.....	78
5.1.6	Anrechnungszeitraum.....	78
5.2	Zertifikatberechtigte Maßnahmen in der Gebäudemodernisierung in Deutschland.....	79
5.2.1	Konzeption und Zuweisung von Zertifikatwerten bei Standardmaßnahmen.....	81
5.2.1.1	Kriterien zur Konzeption von Zertifikatwerten bei Standardmaßnahmen.....	81
5.2.1.2	Katalog von Zertifikatwerten bei Standardmaßnahmen.....	89
5.2.2	Zuweisung von Zertifikatwerten bei speziellen Maßnahmen.....	92
5.3	Handelsbezogene Kriterien des Zertifikatmarktes.....	92
5.3.1	Ausstellung und Registrierung von Zertifikaten.....	93
5.3.2	Nachweisführung und Entwertung der Zertifikate.....	94
5.3.3	Transfer und Handel von Zertifikaten.....	95
5.3.4	Erfüllungsmechanismus.....	96
5.3.5	Sanktionen bei Nichterfüllung und deren Verwendung.....	96
5.3.6	Gültigkeitsdauer der Zertifikate und Periodenübertrag.....	97
5.4	Wechselwirkungen und Kombinationsmöglichkeiten mit ausgewählten Klimaschutzinstrumenten.....	98
5.4.1	Wechselwirkungen mit CO ₂ -Zertifikaten.....	99
5.4.2	Wechselwirkungen mit ausgewählten Förderinstrumenten.....	100

6	Entwicklung und Anwendung eines Planungsmodells zur energieeffizienzorientierten Investitionsplanung	103
6.1	Mathematische Modellformulierung und Implementierung	103
6.1.1	Formulierung des Grundmodells	104
6.1.2	Erweiterung des Grundmodells	106
6.1.3	Implementierung des Modells	107
6.2	Ausgewählte Maßnahmen für die Anwendung des Planungsmodells	108
6.2.1	Maßnahmen an der Gebäudehülle	110
6.2.2	Maßnahmen an der Anlagentechnik	110
6.2.3	Technisch zulässige Kombinationen	113
6.3	Zugrundeliegende Daten	114
6.4	Definition und Anwendung von Szenarien und Maßnahmen	116
6.4.1	Einschränkung auf bestimmte Teilmengen der Sanierungsprogramme	117
6.4.2	Budget- und Emissionsbeschränkungen	121
6.5	Sensitivitätsanalyse ausgewählter Parameter	130
6.6	Zusammenfassung der Ergebnisse und Potenzialabschätzung	132
7	Schlussfolgerungen und Ausblick	135
7.1	Erkenntnisse aus der Datenermittlung und -aufbereitung	135
7.2	Erkenntnisse aus der Ausgestaltung eines Weiße-Zertifikate-Systems für Deutschland	136
7.3	Schlussfolgerungen aus der Modellentwicklung und -anwendung	137
7.3.1	Zertifikatbezogene Auswirkungen	138
7.3.2	Ökonomische und ökologische Auswirkungen der Einführung eines Weiße-Zertifikate-Systems	139
7.4	Weitere methodische Entwicklungen und Erweiterungen	140
8	Zusammenfassung	143
	Literaturverzeichnis	147
	Anhang	159
	Anhang 1: Ermittlung der Gewichtungsfaktoren im Rahmen der Zertifikatwerte	159
	Anhang 2: Darstellung der verwendeten Rechengrößen	161