

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	XVII
Zusammenfassung	XXV
Summary	XLVII
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Status quo und Ziele für die Entwicklung der Energieversorgung ..	2
1.2.1 Die Wärmeversorgung in Deutschland	2
1.2.2 Die Stromversorgung in Deutschland	3
1.2.3 Entwicklungsziele für die zukünftige Energieversorgung ...	5
1.3 Ziel, Aufbau und Vorgehen der Studie	6
2 Ökonomische Anforderungen an ein zukünftiges Energiesystem	11
2.1 Ziele für eine zukunftsfähige Entwicklung	11
2.1.1 Ziele der Energiewirtschaft	11
2.1.2 Inter- und intragenerational gerechte Verteilung	12
2.1.3 Wirtschaftlichkeit	15
2.1.4 Kombination von inter- und intragenerational gerechter Verteilung mit Wirtschaftlichkeit in Form einer operativen Handlungsregel	16
2.2 Wohlfahrtsverluste durch Marktunvollkommenheiten	18
2.2.1 Typen von Marktunvollkommenheiten	18
2.2.2 Monopolmacht	19
2.2.3 Schlecht geregelte Eigentumsrechte	24
2.2.4 Unvollständige Marktstrukturen, Unsicherheit und Versicherungsfragen	27
2.2.5 Zusammenfassung	28

2.3	Die Bedeutung gerechter Verteilung und marktexterner sozialer Kosten im Energiebereich	29
2.3.1	Ressourcenverfügbarkeit	29
2.3.2	Systemaspekte der Energieversorgung	30
2.3.3	Umwelteffekte	31
2.3.4	Zwischenfazit	34
2.4	Ableitung von Indikatoren für den Technologievergleich	34
2.4.1	Managementregeln und Indikatoren für gerechte Verteilung und Effizienz	35
2.4.2	Relevante Indikatoren im Bereich von Brennstoffzellen und Virtuellen Kraftwerken	37
3	Die Technologien Brennstoffzelle und Virtuelles Kraftwerk und ihre Bewertung im Hinblick auf eine zukunftsfähige Energieversorgung	43
3.1	Die Brennstoffzelle als dezentrales Energiesystem	43
3.1.1	Kraft-Wärme-Kopplung	43
3.1.2	Die Brennstoffzellentechnologie	44
3.1.3	Energiequellen und Energieträger für den Einsatz in Brennstoffzellen	52
3.2	Brennstoffzellen-Heizgeräte in der Hausenergieversorgung	53
3.2.1	Charakteristika der Hausenergieversorgung	54
3.2.2	Aufbau des Brennstoffzellen-Heizgerätes für die Hausenergieversorgung	57
3.2.3	Stand der Technik	59
3.2.4	Direkt konkurrierende Technologien	60
3.2.5	Anforderung an die technische Weiterentwicklung	72
3.2.6	Marktpotenzial	74
3.3	Integration von Brennstoffzellen-Mikro-KWK-Anlagen in die bestehende Energieversorgung	75
3.3.1	Mögliche Betriebsweisen von Mikro-KWK-Anlagen	75
3.3.2	Integration dezentraler Anlagen ins Stromnetz	77
3.3.3	Integration dezentraler Anlagen zu einem Virtuellen Kraftwerk	80
3.3.4	Anforderungen an ein Virtuelles Kraftwerk	82

3.4	Wirtschaftlichkeit von Brennstoffzellen-Heizgeräten in Virtuellen Kraftwerken	85
3.4.1	Nutzen und mögliche Erlöse durch den Betrieb dezentraler KWK-Anlagen	85
3.4.2	Zusätzliche Nutzen und mögliche Erlöse durch den koordinierten Betrieb dezentraler Anlagen	87
3.4.3	Analysen zur Wirtschaftlichkeit von Brennstoffzellen- Heizgeräten unter den gegebenen Rahmenbedingungen..	91
3.5	Bewertung von Brennstoffzellen und Virtuellen Kraftwerken im Vergleich zu konkurrierenden Technologien im Hinblick auf ihre Zukunftsfähigkeit	97
3.5.1	Ressourcennutzung	97
3.5.2	Umwelteffekte	103
3.5.3	Beiträge zum Energieversorgungssystem	117
3.5.4	Zukünftige Konkurrenzfähigkeit beim Klimaschutz und Umsetzungspotenziale	120
3.5.5	Zusammenfassende Bewertung der Technologien hinsichtlich ihrer Zukunftsfähigkeit	123
3.6	Schlussfolgerungen	128
3.6.1	Technische Entwicklung und Potenziale	128
3.6.2	Wirtschaftlichkeit	129
3.6.3	Zukunftsfähigkeit	130
4	Innovationsprozesse und ihre ökonomischen Rahmenbedingungen ..	133
4.1	Innovationsprozesse	133
4.1.1	Wirtschaftstheoretische Grundlagen	133
4.1.2	Determinanten von Innovationen	138
4.1.3	Effekte von Innovationen im Energiesektor	150
4.2	Instrumente zur Gestaltung der ökonomischen Rahmenbedingungen	152
4.2.1	Staatliche Innovationsförderung mittels Subventionen ..	153
4.2.2	Staatliche oder private Standardsetzung und Normung ...	158
4.2.3	Innovationsanreize durch Zertifikate und Öko-Steuern ...	164
4.2.4	Staatliche Regulierung des Netzzugangs	174
4.3	Maßnahmen zur Beseitigung von Informationsmängeln	181
4.3.1	Staatliche oder private Informationskampagnen	181
4.3.2	Informierung und Qualifizierung des Handwerks	185
4.3.3	Produktwerbung: Betriebswirtschaftliche Absatzstrategien	186
4.4	Schlussfolgerungen	187

5	Rechtliche Rahmenbedingungen	191
5.1	Produktzulassung	194
5.1.1	Produktsicherheit	195
5.1.2	Umweltgerechte Gestaltung energiebetriebener Produkte	196
5.2	Einsatz im Wohn- oder Gewerbeobjekt	197
5.2.1	Kommunale Bauleitplanung	197
5.2.2	Bauordnungsrecht	205
5.2.3	Kommunaler Anschluss- und Benutzungszwang	207
5.2.4	Energieeinspargesetz/-verordnung	209
5.2.5	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	210
5.2.6	Immissionsschutz	211
5.3	Mikro-KWK-Anlagen in der Wohnungswirtschaft	212
5.3.1	Mietrecht und Eigenbetrieb der Anlage	213
5.3.2	Contracting	218
5.4	Anschluss-, Abnahme- und Vergütungsanspruch bezüglich der einzelnen Anlage	224
5.4.1	Anschluss an das Stromnetz	225
5.4.2	Abnahme- und Vergütungsanspruch	230
5.4.3	Dauer der Förderung nach dem KWKG	236
5.4.4	Zulassung als KWK-Anlage/Nachweispflicht	239
5.5	Zusammenschluss zu Virtuellen Kraftwerken	240
5.5.1	Organisationsformen und Betreiber	240
5.5.2	Energiewirtschaftsrechtliche Grenzen	242
5.5.3	Genehmigungs- und Anzeigerfordernisse	245
5.5.4	Rahmenbedingungen zur Realisierung von Erlöspotenzialen	245
5.5.5	KWK-Förderung für das Virtuelle Kraftwerk	255
5.5.6	Anreizwirkung bisheriger Fördergesetze für die Integration in Virtuelle Kraftwerke	256
5.5.7	Netzzugang Virtueller Kraftwerke	261
5.6	Weitere Fragen bei fortschreitender Dezentralisierung	263
5.6.1	Begrenzte Netzkapazitäten	264
5.6.2	Netzausbau	266
5.6.3	Wandel der Akteursrollen und System der Elektrizitätswirtschaft	268
5.6.4	Interoperabilität der Netze im weiteren Sinne	270

5.7	Sonstige Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit von Mikro-KWK	271
5.7.1	Steuern	272
5.7.2	EEG- und KWK-Umlagen; Konzessionsabgaben	274
5.8	Schlussfolgerungen	275
6	Vorschläge für konsistente Strategien und Maßnahmen	279
6.1	Strategien zum Umgang mit Marktunvollkommenheiten bei der Brennstoffzelle	279
6.1.1	Eigentumsrechte	279
6.1.2	Monopolprobleme	282
6.1.3	Unsicherheitsprobleme	283
6.2	Strategien zur Beseitigung von Innovationsbarrieren	284
6.2.1	Handlungsfeld Wirtschaftsunternehmen I: Brennstoffzellen	285
6.2.2	Handlungsfeld Wirtschaftsunternehmen II: Virtuelle Kraftwerke	293
6.2.3	Handlungsfeld Staat	308
7	Empfehlungen	321
7.1	Sachlage	321
7.2	Normative Grundlagen	322
7.3	Konkrete Empfehlungen	324
7.3.1	Brennstoffzellen-Heizgeräte: Technische Entwicklung und Implementierung	324
7.3.2	Brennstoffzellen-Heizgeräte, andere Mikro-KWK und regenerative Energieversorgung: Netzintegration und Virtuelle Kraftwerke	326
7.3.3	Gestaltung der Rahmenbedingungen für Brennstoffzellen und Mikro-KWK-Anlagen	328
7.3.4	Gestaltung der Rahmenbedingungen für Netzintegration und Virtuelle Kraftwerke	330
	Literaturverzeichnis	333
	Glossar	351
	Index	361
	Autorenverzeichnis	377