

# 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