

1 117 413 39X ✓

Fraunhofer-Institut für
System- und Innovationsforschung ISI

ISI-Schriftenreihe »Innovationspotenziale«

Energietechnologien 2050 – Schwerpunkte für Forschung und Entwicklung

Politikbericht

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

B 368864

FRAUNHOFER VERLAG

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	1
Summary	7
1 Einleitung	13
2 Vorgehensweise	15
2.1 Methodische Vorgehensweise	15
2.1.1 Beschreibung des Technologiefeldes	16
2.1.2 Aktueller Entwicklungsstand und künftiger Entwicklungsbedarf.....	16
2.1.3 Kritische Entwicklungshemmnisse	17
2.1.4 Relevanz öffentlicher Förderung	17
2.1.5 Detaillierte Bewertung des Technologiefeldes	18
2.1.6 F&E-Empfehlungen für die öffentliche Hand	20
2.2 Szenarien	21
2.2.1 Einleitung und bisherige Entwicklung des Energieverbrauchs.....	21
2.2.2 Szenarienauswahl und -annahmen.....	22
2.2.3 Ergebnisse der Szenarioanalyse	25
2.2.3.1 Primärenergieverbrauch Welt	25
2.2.3.2 Primärenergieverbrauch Deutschlands.....	26
2.2.3.3 Bruttostromerzeugung und Beitrag der erneuerbaren Energien	27
2.2.3.4 Entwicklung der CO ₂ -Emissionen	29
2.2.4 Schlussfolgerungen und Implikationen für die Technikbewertung.....	29
3 F&E-Empfehlungen je Technologiefeld.....	31
3.1 Fossil basierte Stromerzeugung, Wärmetransport.....	31
3.1.1 Einleitung	31
3.1.2 Kohlegefeuerte Kraftwerkstechnik	31
3.1.3 Kohlekombikraftwerke.....	34
3.1.4 Gasturbinen- und GuD-Kraftwerke.....	37
3.1.5 CO ₂ -Abscheidung in Kraftwerken.....	40
3.1.6 CO ₂ -Nutzung und -Verwertung	43
3.1.7 CO ₂ -Transport und -Speicherung.....	45
3.1.8 Wärmetransport und -verteilung.....	46
3.1.9 Schwerpunktsetzung.....	48
3.2 Brennstoffzelle	50
3.2.1 Einleitung	50

3.2.2	Brennstoffzellentechnik.....	50
3.2.3	Brennstoffzellen-Hybridkraftwerke	52
3.2.4	Schwerpunktsetzung.....	54
3.3	Wasserstoff	55
3.3.1	Einleitung	55
3.3.2	Wasserstoff	56
3.3.3	Methanol	58
3.4	Erneuerbare Energien	60
3.4.1	Einleitung	60
3.4.2	Solare Wärme und Kälte – thermische Solaranlagen	60
3.4.3	Solarthermische Kraftwerke	62
3.4.4	Photovoltaik	64
3.4.5	Windenergie.....	66
3.4.6	Tiefe Geothermie	68
3.4.7	Biogasgewinnung und -nutzung.....	71
3.4.8	Thermochemische Vergasung von Biomasse	73
3.4.9	Schwerpunktsetzung.....	75
3.5	Speicher.....	76
3.5.1	Einleitung	76
3.5.2	Zentrale Speicherkraftwerke	78
3.5.3	Dezentrale Großbatteriespeicher.....	80
3.5.4	Lokale Kleinspeicher	82
3.5.5	Kurzzeitspeicher	85
3.5.6	Thermische Speicher	87
3.5.7	Schwerpunktsetzung.....	89
3.6	Netze	90
3.6.1	Einleitung	90
3.6.2	Anpassung/Dynamisierung der Übertragungskapazität.....	91
3.6.3	Echtzeitfähige NS/MS-Netzstrukturen (Active Grids).....	95
3.6.4	Hybride AC/DC-Netzstrukturen	98
3.6.5	Schalten, Schützen, Isolieren	100
3.6.6	Steuernde Elemente (FACTS).....	103
3.6.7	Supraleitung.....	105
3.6.8	Schwerpunktsetzung.....	107
3.7	Energieeffizienz in der Industrie.....	108
3.7.1	Einleitung	108
3.7.2	Effizienztechnologien für energieintensive Prozesse.....	109
3.7.2.1	Energieintensive Industrieprozesse	109
3.7.2.1.1	Nichteisenmetalle.....	109
3.7.2.1.2	Papier	110

3.7.2.1.3	Zement	111
3.7.2.1.4	Eisen und Stahl	112
3.7.2.1.5	Zusammenfassung F&E-Empfehlung	113
3.7.2.2	Siedlungswasserwirtschaft	114
3.7.2.3	Katalyse	116
3.7.2.4	Stoffliche Nutzung biogener Rohstoffe in der chemischen Industrie	118
3.7.2.5	Energieeffiziente Stofftrennverfahren	120
3.7.3	Querschnittstechnologien	122
3.7.3.1	Elektrische Antriebe	122
3.7.3.2	Oberflächentechnik	125
3.7.3.3	Energiemanagement	127
3.7.4	Technologien zur Abwärmenutzung/-verstromung	129
3.7.4.1	Wärmeverstromungstechnologien für Wärmeströme bis 400 °C (Thermoelektrik, ORC, Kalina, Stirling)	129
3.7.4.2	Solarthermische Prozesswärmeerzeugung und industrielle Großwärmepumpe	131
3.7.4.3	Wärmedämmung betriebstechnischer Anlagen	133
3.7.5	Technologien für Energieeinsparungen durch Ressourceneffizienz	134
3.7.5.1	Überblick Ressourceneffizienz	134
3.7.5.2	Recycling	136
3.7.5.3	Leichtbau	138
3.7.6	Schwerpunktsetzung	140
3.8	<i>Energieeffiziente Gebäude und Gebäudetechnik</i>	141
3.8.1	Technologiefeld Bautechnik	144
3.8.2	Technische Gebäudeausrüstung	149
3.8.3	Planung und Betriebsführung	160
3.8.4	Schwerpunktsetzung	162
4	Schwerpunktsetzung zwischen den Technologiefeldern	165
4.1	<i>Einleitung</i>	165
4.2	<i>Übergreifende Ergebnisse und Feststellungen</i>	165
4.3	<i>Bewertung der Technologiefelder</i>	166
5	Literaturverzeichnis	172
6	Anhang	174